

工业互联网垂直行业应用报告

（2019 版）



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

工业互联网产业联盟（AII）

2019 年 2 月

目 录

前言	1
1 轻工家电行业工业互联网实践	1
1.1 行业基本情况及生产特点	1
1.2 行业对工业互联网实施的业务需求	3
1.3 细化应用场景一：用户交互体验	4
1.4 细化应用场景二：异常的及时响应和知识库	6
1.5 细化应用场景三：海尔互联工厂	8
1.6 细化应用场景四：设备的全周期物联生态解决方案	10
1.7 细化应用场景五：海尔 COSMOPlat 大规模定制	11
2 工程机械行业工业互联网实践	16
2.1 行业基本情况及生产特点	16
2.2 行业对工业互联网实施的业务需求	18
2.3 细化应用场景一：供应链协同创新应用	19
2.4 细分应用场景二：离散制造智能工厂	26
2.5 细化应用场景三：产品全生命周期智能服务	31
2.6 细化应用场景三：工业互联网+保险创新应用	35
3 电子信息行业工业互联网实践	38
3.1 行业基本情况及生产特点	38
3.2 行业对工业互联网实施的业务需求	40
3.3 细化应用场景一：设备健康管理	43
3.4 细化应用场景二：人机协同一体化	46
3.5 细化应用场景三：生产过程质量追溯	49
3.6 细化应用场景四：生产质量智能管理	51
4 钢铁行业工业互联网实践	54
4.1 行业基本情况及生产特点	54
4.2 行业对工业互联网实施的业务需求	55
4.3 细化应用场景一：现场数据采集与边缘计算	57
4.4 细化应用场景二：轧机振动监测及抑振技术研究与应用	63
4.5 细化应用场景三：实施集成客户的制造工程	66
4.6 细化应用场景四：船板定制配送 C2M+JIT 应用	72
5 高端装备行业工业互联网实践	75
5.1 行业基本情况及生产特点	75

5.2 行业对工业互联网实施的业务需求	76
5.3 细分应用场景一：社会化协同研发与生产	77
5.4 细分应用场景二：知识自动化.....	79
5.5 细分应用场景三：高端装备的预测与健康管理（PHM）	82
6 建筑行业工业互联网实践.....	87
6.1 行业基本情况及生产特点	87
6.2 行业对工业互联网实施的业务需求	88
6.3 细化应用场景一：虚拟建造过程的设计协同管理	90
6.4 细化应用场景二：虚实融合的施工协同管理.....	91
7 船舶行业工业互联网实践	93
7.1 行业基本情况及生产特点	93
7.2 行业对工业互联网实施的业务需求	93
7.3 细化应用场景一：大型离散制造智慧物联应用	95
7.4 细化应用场景二：船舶工业供应链上下游协同应用	98
8 电力行业工业互联网实践.....	103
8.1 行业基本情况及生产特点	103
8.2 行业对工业互联网实施的业务需求	105
8.3 细化应用场景一：火电机组运行特性分析	107
8.4 细化应用场景二：炉管在线寿命评估与状态监测	110
8.5 细化应用场景三：发电设备运行优化调度	112
8.6 细化应用场景四：齿轮箱故障预警	115
9 结语	118
9.1 发现.....	119
9.2 建议.....	120
9.3 展望.....	120

前 言

2017年以来,工业互联网应用范围和深度不断扩展,场景已覆盖产品、资产、生产线、商业、企业间等全要素、全价值链和全产业链,企业加速大规模实施的工业互联网项目急剧增加了投入产出风险,也加剧了技术融合的复杂性、维护难度和持续性经费保障。《垂直行业工业互联网应用报告》旨在从各行业角度,指导工业互联网应用项目落地实施,以驱动技术创新、业务转型与商业变革。

本行业应用报告分别阐述了工业互联网在轻工家电、高端装备制造、电子信息、工程机械、钢铁行业、建筑行业、能源电力和船舶行业的特别应用,通过在八大行业的不同应用场景的应用案例,详细描述了工业互联网平台在垂直行业领域的应用场景与实施案例。

指导编写单位: 工业和信息化部信息化和软件服务司

牵头编写单位: 海尔数字科技有限公司, 中国信息通信研究院

组织编写单位: 工业互联网产业联盟垂直行业组

主要编写人员: 李胜民、蒋昕昊、丛力群、邓尧刚、文博武、曹凯、高峰、赵野、田洪川

编写组成员、单位:

轻工家电:

李胜民, 海尔数字科技有限公司 副总经理

官祥臻, 青岛海尔工业智能研究院 智能制造服务总监

阎新华, 施耐德电气(中国)有限公司 标准总监

史 喆, 北京天泽智云科技有限公司 解决方案副总裁

滕忠伟, 海尔数字科技有限公司 市场商务经理

钢铁制造:

丛力群, 上海宝信软件股份有限公司 技术总监、教授级高工

迟京东, 中国钢铁工业协会 副会长

陈国康, 中国钢铁工业协会 信息统计部主任

符鑫峰, 中国钢铁工业协会 信息统计部信息化处副处长

董 钢，首钢集团有限公司 副总工程师、教授级高工
封一丁，河钢集团钢研总院 正高级工程师、副院长
汝金同，南京钢铁联合有限公司 高级工程师
张吾胜，马钢集团企管部 正高级工程师、经理
高秀敏，本钢集团信息化中心 副经理

高端装备：

柴旭东，航天云网公司 总经理、研究员
秦 鹏，中国航天科工集团 产业发展部主管、工程师
王 恒，航天智造公司 总经理助理、研究员
曹 凯，航天智造公司 高级工程师
吴妍娴，航天智造公司 工程师
敖志强，东方国信公司 副总裁
邓尧刚，东方国信公司 工业事业部战略规划总监
时培昕，寄云科技 CEO
王 战，索为系统 总工程师

电子信息：

高 峰，中兴通讯股份有限公司 标准总监
朱红军，中兴通讯股份有限公司 技术总工
周 嵘，中兴通讯股份有限公司 部长
赵 惟（博士），中国信息安全研究院有限公司 教授级高工
郝新兵，中国信息安全研究院有限公司 高级工程师
赵 野，中国信息安全研究院有限公司 高级工程师
刘丰洋，中国信息安全研究院有限公司 高级工程师
刘尊义，施耐德电气（中国）有限公司 工程师
阎新华，施耐德电气（中国）有限公司 工业标准总监
李 凯，施耐德电气（中国）有限公司 智能制造业务负责人
郑承斌，富士康科技集团 资深总监
许雅宁，施耐德电气（中国）有限公司 组长
赖峰甫，施耐德电气（中国）有限公司 工程师

工程机械：

文博武，树根互联技术有限公司 战略总监

贺东东，树根互联技术有限公司 CEO

周 颖，树根互联技术有限公司 解决方案总监

张启亮，江苏徐工信息技术股份有限公司 总经理

韩 键，江苏徐工信息技术股份有限公司 工业互联网事业部副总经理

韩 超，江苏徐工信息技术股份有限公司 系统实施部部长

建筑工程：

张 鸣，北京建谊投资发展（集团）有限公司 总裁

朱晓斌，北京建谊投资发展（集团）有限公司 战略总监

黄 刚，北京建谊投资发展（集团）有限公司 战略运营经理

船舶行业：

姜 涛，中船黄埔文冲船舶有限公司 研究员级高工

鲁 文，中船工业互联网有限公司 高级工程师

朱仁贵，中船工业互联网有限公司 研究员级高工

朱 宇，中船工业互联网有限公司 高级工程师

梁绍翔，中船工业互联网有限公司 工程师

张 琳，北京中船信息科技有限公司 高级工程师

金 松，上海外高桥造船有限公司 高级工程师

伍英杰，沪东中华造船（集团）有限公司 高级工程师

总体：

余晓晖，中国信息通信研究院 总工

朱 敏，中国信息通信研究院信息化与工业化融合研究所 副所长

刘 默，中国信息通信研究院信息化与工业化融合研究所智能制造部 主任

田洪川，中国信息通信研究院信息化与工业化融合研究所智能制造部 副主任

蒋昕昊，中国信息通信研究院信息化与工业化融合研究所智能制造部 高级工程师

1 轻工家电行业工业互联网实践

1.1 行业基本情况及生产特点

家电业是中国民族企业的骄傲，是中国市场上少数几个有定价权的行业。

“十二五”时期，中国家电业取得了长足的发展与进步。尽管 2015 年主要产品销售增速放缓，但家电消费升级态势良好。企业以创新为突破口，加大研发投入，践行《中国制造 2025》，通过产业结构调整、产品结构升级、销售渠道变革，转型升级健康发展，经济运行质量明显提高。

2015 年，家电业规模以上企业总数 2702 个，家电业的从业人员在 2011 年峰值时期一度达到超过 137 万人。随着工业自动化水平迅速升级，机器换人日益普遍，生产效率提升，用工人数逐年下降。近年全行业减员增效继续，主流企业减员幅度约 5%~8%，全行业接近 5%，2015 年全行业从业人员约 115 万人。

2016 年，家电业完成主营业务收入 1.46 万亿元，比上年同期增长 3.78%。

“十二五”时期，家电业经济效益始终保持高于主营业务收入的增长速度，经济效益明显提升，转型升级成效显著。

整个家电行业运行特点体现在以下 5 方面：

一是产业结构迅速升级。家电产品结构不断升级，产品档次进一步提高，各类大容量、变频、智能、健康产品不断涌现，努力满足消费者不断变化和升级的需求。厨房电器和小家电产品结构升级显著，呈现同样的高端化趋势。

二是研制投入加快，企业自主创新能力大幅提高。2016 年家电内外销市场均面临一定压力，但行业总体实现小幅增长，尤其是行业龙头企业，整体表现优于行业平均水平，海尔、美的、格力营业收入增速均超过两位数。原因在于，核心企业保持持续研发投入，努力打造长期可持续发展的竞争优势。主要家电企业仍然顶住压力继续保持对研发的高投入，一方面对生产线进行优化改造，提升生产效率；另一方面，进一步完善自身研发体系，站在全行业、全世界的高度规划未来，加大对基础技术、前沿技术的投入和研究，加大对高素质人才的积累，加大对全产业链创新资源的整合，努力改善用户体验，拓展新业务成长空间。2016 年仅 35 个家电相关上市企业的研发投入合计已经超过 240 亿元，同比增长超过 80%，高于营业收入增长速度超过 20 个百分点。其中青岛海尔、老板电器、

爱仕达、天际股份等企业研发投入增速较高，在 30%左右。

三是运营模式不断创新，线上渠道快速增长。为适应市场快速变化及传统营销模式失效的风险，海尔、美的等家电核心企业颠覆以往大规模制造、大规模压货、大规模销售的营销模式，重构以市场需求为中心的客户订单式产销模式，已经开始收到成效。家电企业的销售渠道实现了多元化突破。线上业务快速增长、线下推进 O2O 转型，线上线下融合、微店等新渠道方式不断涌现。线上渠道销售强劲，2016 年家电各品类（不含彩电）合计线上销售额增长 20.8%，全行业合计线上销售额占市场销售总额的 24.9%。

四是制造技术加速升级。2016 年，家电行业通过提升生产工艺装备的自动化、智能化水平，努力提升精益制造管理能力，挖掘生产效率提升的红利，制造技术进一步升级。截至 2016 年，家电行业已有海尔、长虹、创维、美的、海信、海立、九阳、老板（等）8 家企业先后成为工信部“智能制造综合试点示范”项目。到 2017 年底，海尔已建成 9 个数字互联智能工厂，整个生产过程可以保证运行时间缩短 50%，半成品库存减少 80%，用人减少 85%，最终实现产能效率翻番。截至 2016 年，美的空调智能制造累计投入 10 亿元，拥有机器人 562 台，减少人工 2.2 万人，平均自动化率达 16.9%，效率提升 195%。老板电器建成年产 225 万台厨电产品数字化智能制造基地，通过设备自动化、物流自动化、产品设计数字化，以及信息化管理，生产效率提升 30%，制造周期缩短 30%，节省人工成本 30%，产品品质一次优良率提升 20%以上。

五是家电智能化趋势明显。智能家电两大特点：一是通过软件技术完成整合、协调，各种智能产品互联互通不孤立，并依托云计算和大数据集成智能产品，实现人和产品之间、产品和产品之间的交互，最终构建一体化的智慧家庭；二是紧紧粘合消费者的细节需求、情感需求、关爱需求等等，从而提供可以无限延伸的、个性化的服务。但是现在涌现的智能家电还只是在控制智能化上做文章，有些智能家电产品的设计甚至不是出于对用户需求的真正考虑，而是对现有产品的拼凑，以至于许多智能家电产品基本的操作设置不够人性化，基本不具备灵活的远程控制、基于大数据的智能分析以及通过改变人们的生活方式实现低碳、节能、舒适的能力，而这三点恰巧是追求智能化的企业需要建立的核心。提高家电产品的智能性还需要家电企业连同产业链上下游伙伴在技术研发方面进行更深入的探索。

1.2 行业对工业互联网实施的业务需求

家电行业发展到现在，随着新一代信息技术的不断成熟和应用以及新的商业模式的成功演变，行业产品对工业互联网有着以下几点需求：

一是产品智能化需求。通过硬件的升级和软件技术完成整合、互联，使各种智能产品互联互通，并依托云计算和大数据实现人和产品之间、产品与产品之间的交互，最终构建一体化智慧家庭；再者通过与消费者的持续交互，不断结合消费者细节需求、情感需求、关爱需求，更新迭代产品功能，为消费者提供个性化、贴心的管家服务。

二是广泛联结的需求。智能家电的互联互通包括智能冰箱、洗衣机、电视、空调等各类家电产品能够通过互联网相互联接，包括通过移动互联网、PC 互联网对其进行整体控制与管理，并且家电产品自身与电网、放置的物品、使用者等能够物物相联，通过智能感知，达成人们追求的低碳、健康、舒适、便捷的生活方式。

三是大数据挖掘应用的需求。数字经济是一个以数据驱动的满足消费者新需求的时代，移动化、数字化、社交媒体、物联网技术、云计算、人工智能捆绑发力引发的技术趋势，彻底颠覆了人们的生活和消费方式，用户需求变得更加个性化，用户表达的社交平台更多，用户活跃度显著提升，用户需求数据变得可视化与量化，消费者从以前被动接受服务的角色逆转成为需求的主动提出者。

家电行业的大数据主要分成四大板块：一是交易数据，即销售的结果，终端交易的数据；二是交互数据，包括在物联网、互联网、微信、微博、社区等平台，每一个用户与智能产品、用户和消费者都在不断发出声音和不同领域交流互动，形成交互数据；三是行为数据，即消费者想买什么，想看什么，想听什么，它的过程是什么；四是运营数据，即企业运营过程中产生的数据。只有将这四种不同类型的数据准确并有效地融合在一起，才能真正体现大数据技术的增值价值，才能有效地预测未来并服务于企业各项决策。

四是用户参与全流程交互和体验的需求。大部分家电行业产品的最终用户是消费者，消费者的使用体验和对产品的评价将直接影响家电产品的市场生命力。鉴于此特点，家电产品全生命周期中的两大场景将对工业互联网有着迫切的需求，

一是消费场景，即家电产品到消费者手中以后消费者使用家电的过程，二是生产场景，即消费者的订单进入生产环节直到产品生产完成并送到消费者手中的过程。这两个场景都需要重点考虑终端用户的消费体验和对产品的评价。

其中消费场景中又有诸多消费者与产品之间互动的细分场景，比如消费者个性化使用偏好场景，消费者在产品社群中参与产品互动的场景，产品的维修服务等。以上场景实现的前提是产品需提供与用户交互的入口，同时产品本身需要具备边缘计算及通讯的能力。

生产场景包含诸多复杂的生产环节，如产品的模块设计及供应、产品的制造、产品的物流等。若要增加终端用户对生产过程透明感知的良好体验，就需要对生产的各个环节开放。反过来讲倒逼生产每个环节现场设备的联网、生产数据的采集和打通、生产流程的可视化，同时保障各个环节信息安全。

1.3 细化应用场景一：用户交互体验

应用场景描述

用户交互体验是产品在送装至终端用户手中后的使用过程中通过与用户进行频繁的交互，持续的了解用户个性化信息，不断为用户提供贴心、个性化的服务，最大程度的提高用户的使用体验，进而让用户持续、深度的参与到以产品为载体的社群生态，为产品的迭代贡献最真实的意见和创意，最终达到用户、企业及生态圈的攸关方多赢的结果。

以产品为载体，通过产品的物联网功能为用户提供交互接入的入口。通过入口用户可进入与产品本身的交互系统和以产品为载体的用户社群平台。产品本身交互系统为用户提供产品自身的相关参数数据和工作运行的数据，能为用户的维修保养提供主动性的建议；同时该系统还为用户延伸提供与产品功能相关联的上下游功能或生态资源。

产品体验增值场景的边缘层需要把产品自身数据和与用户交互产生的数据通过数据采集装置采集并存储，若功能较复杂的产品则需具备边缘计算的能力和本地存储的能力，本地实时计算分析后直接产生可视化结果与用户进行交互。不需要实时计算的数据则通过产品上的通讯模块将数据传输至云平台，云平台通过

约定协议解析并存储。云平台根据需要部署大数据架构，数据根据应用场景的需求应用不同的算法和模型进行计算分析，结果通过 APIs 或直接通过应用层 APP 展示。平台层还需具备第三方生态伙伴数据接入的能力，具备友好的开发者开发环境和所需的开发工具。应用层为用户提供完整解决方案的 APPs，包括社群建设 SDK 和套件，行业 APP 以及其他行业应用。

实施案例：海尔贝享孕婴空调

在空调的用户群中，母婴群体对空调的性能反应是最敏感的，也是要求最高的。在各大社交媒体与空调使用及母婴健康相关的板块中，散布着众多用户的吐槽与创意话题，如夏季空调的舒适性、空气净化功能、空气加湿功能、智能调温、柔和风等多达 350 万条精准话题曝光。家电的社群平台运维人员发现以上话题讨论后便对用户的社交数据进行归类、分析，并与用户进行深入的引导互动，同时有超过 21.5 万条孕婴妈妈的创意交互。在孕婴妈妈的创意交互过程中，社群运营人员将引导不同专业的在线设计师进行在线方案设计，在 5000 多名注册设计师中有 35 位设计师参与与用户的交互设计，同时又（有）6 家模块商同时提供技术支持。经过了用户、在线设计师、模块商 4 次的体验迭代，195 天的交互、设计、研发，最终形成了能解决社群中大多用户痛点、满足大多用户需求的贝享虚拟空调。虚拟空调在社群中发起预约预售活动，短短几天内预约用户达到 2000 台。海尔 COSMOPlat 贝享空调平台经过产销成本核算决定开模生产。产品在生产过程中，预定用户可全流程跟踪空调生产进度及各生产环节的详细信息。产品生产完成下线后，将通过物流直接送达用户家中，实现产品不入库。



图 1-1 海尔贝享空调用户交互迭代示意图

贝享空调的用户在收到产品使用的过程中，空调将持续的采集自身的工作数据，包括耗电量、工作时间、工作模式等，这些数据将通过用户家中的无线网络发回到海尔 COSMOPlat 企业云平台进行用户空调使用行为画像。同时用户在使用过程中也会在社群中不断交互使用体验及心得。通过用户社群数据及空调回传的传感器数据分析，静音的功能是用户需求最大的新功能，于是在线设计师针对此功能又开始了新一轮的升级迭代，最终交互产生了第二代静音空调。

1.4 细化应用场景二：异常的及时响应和知识库

应用场景描述

轻工家电行业为了保障生产端的增值工作时间，所有的制造运营都是以生产线的高效持续运行为目标。建立一种在现场发生任何人、机、料、安全、质量、工艺等异常的情况都能够被及时响应，并且响应过程和处理过程能够被结构化的记录，形成知识库，知识库可以为下一次发生同类异常现象提供快速解决方案，同时，还需要能够自动分析异常发生频次，指导决策人员通过改善项目，持续优化异常发生的频次和间隔时间，达到通过科学决策减少生产异常造成对效率影响的目的。

由于需要结构化的记录响应过程和处理过程，通过传统的手机、对讲机交互后再进行记录显然会把时间浪费在记录上，也不便于以后的查询和因果资产的积累，微信等方式也不是适用的解决方案，同时，因为响应过程需要现场作业，也希望通讯的设备最好能够穿戴而不影响肢体作业。

综合考虑，采用 RFID 对人员和响应过程进行记录比较方便，通过智能手表作为通讯工具更适合信息的传递和方便作业人员作业。不同专业支持人员接班时佩戴手表，领用手表时通过刷 RFID 工卡与对应手表绑定，现场发生安全、设备等异常通过安装在工位旁边的 E-Andon 现场交互终端触发相应分类的支持请求，相应工位和相应的分类绑定对应的支持人员，手表推送异常发生的位置、现象、触发人员等，支持在规定时间内赶到现场，在终端上刷卡，确认异常开始处理，处理完成后支持人员再次刷卡，响应完成，新的异常或新的处理方式后台推动一张工单给支持人员，支持人员在办会室终端记录异常现象、处理过程、更换备件、

分析报告等，记录后会进行相应分类的知识库，在下次发生相同现象时终端会自动显示这条记录，通过累积，不断优化知识库，经过一段时间的积累，知识库即可发挥处理指导的作用。触发方式也可通过对设备的数据采集进行自动触发。

应用场景的实施架构

用数字化方式实现应用场景采用如下架构：

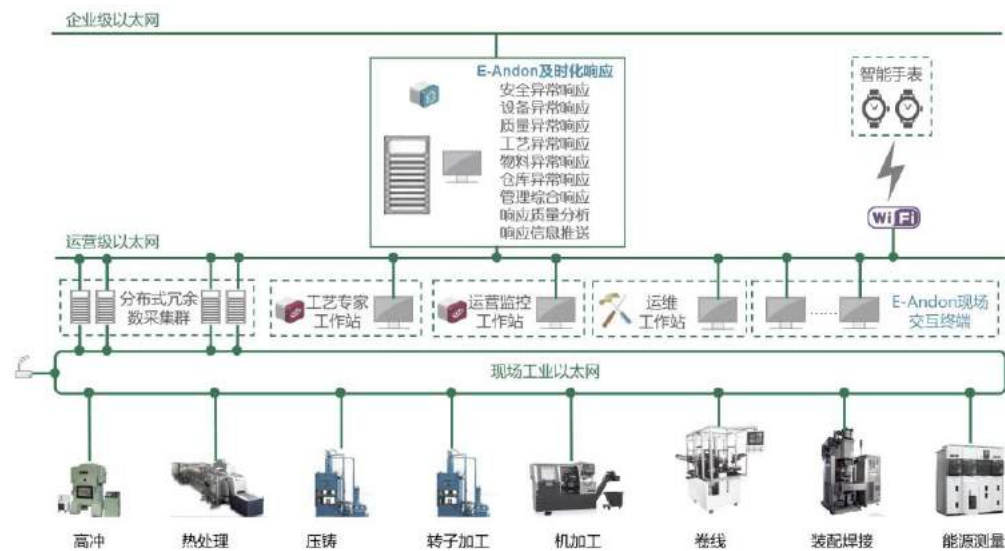


图 1-2 异常的及时响应场景实施架构

最底层是现场级，是互联互通的设备，分布式冗余数采集群通过工业以太网以相应的规约进行数据采集，对一手数据进行边缘计算和筛选，根据信号和参数的变化分发相应数据到对应的现场工作站，进行现场运营级管控分析，当相应专业设定的限值被超出即自动触发 E-Andon，由 E-Andon 及时化响应服务器自动处理相应过程，同时，E-Andon 现场交互终端触发的信息也由及时化响应服务器进行处理。

及时化响应服务器根据模型设置和人员与手表绑定的信息，推送相应分类的响应请求给对应的手表，手表支持 WIFI 或 4G 接入，通过网络获取请求信息。

现场交互终端设置有刷卡器，支持人员的响应到岗等信息以刷卡时间为准。所有记录信息通过 E-Andon 及时化响应服务器进行记录，并分类后存入知识库。

实施案例：施耐德工厂生产异常的全数字化及时响应

施耐德工厂将 E-Andon 系统应用于工厂的异常响应管理，并将 E-Andon 系统部署于工厂数据中心的虚拟服务器上，实现了异常响应过程的全数字化管理。在

实际应用中，施耐德工厂已经实现异常响应的 1 分钟到岗响应，如果 1 分钟未响应，自动升级到主管工程师，最长 15 分钟未响应工厂总经理即收到信息进行介入。并且，整个响应过程和处理过程被完整记录，通过对记录的自动分析，施耐德工厂已经累计实施近千个改善项目。随着知识库的不断积累，工厂因果资产的管理快速提升，异常响应处理时间有效降低，同时，也促进了工厂 TPM 水平的进一步提高。

1.5 细化应用场景三：海尔互联工厂

应用场景描述

海尔通过 10 年的持续探索实践，构建了以用户为中心的互联工厂模式。互联工厂最重要是和用户互联融合，无人工厂是工业 3.0，属于自动化范畴。自动化只解决了高效问题，可以使大规模制造变得速度更快，但现在要的不光是高效率，要的是高精度。如果不能精准对准用户，这个高效率没有用。如果生产出来的产品给谁不知道，本来生产 1000 台现在生产 2000 台，有多大作用呢？都堆在仓库里边。所以说现在从原来的自动化线大规模制造变成高精度的大规模定制，这是完全本质的不同。怎么做到的？核心就是围绕用户互联建立了一套全流程全周期互联互通的开放生态资源体系，构建了支撑智能制造的创新技术模式管理能力——COSMOPlat 互联工厂。

实施案例：海尔 11 大互联工厂

智能制造通过 COSMOPlat 的端到端的信息化融合，实现 IT 和 OT 的融合，将大规模和个性化融合，通过大规模的高效率、低成本实现了定制的高精度、高品质。通过 COSMOPlat-IM 模块，实现用户定单直达工厂、设备及生产管理人员，实现用户深度参与制造过程，实现用户与工厂的零距离。智能制造的全过程可通过微信、网络进行线上交互、质量全过程的数据透明，同时基于现场 RFID、传感器等，实现了用户定单实时可视，随时随地可知产品的状态，由谁、哪台设备、什么时间、质量测试结果都能实时明确。

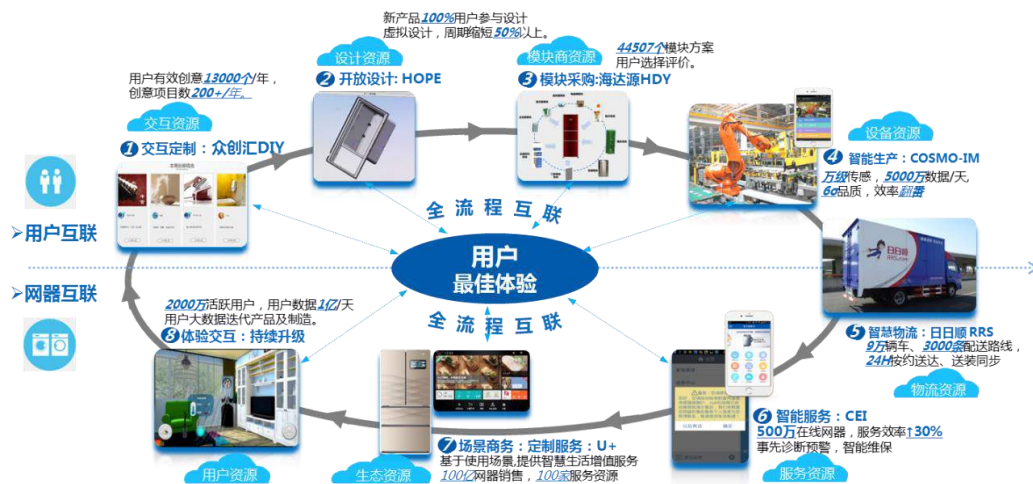


图 1-3 互联工厂模式示意

海尔 COSMOPlat 互联工厂要解决一个大规模和个性化定制的矛盾，形成大规模和个性化定制融合。衡量这个的标准就是“生产的每台产品都是有主的”，不需要原来传统的营销，衡量它的标准就是不入库率。从社群交互，到新品首发，再到个性化需求、大规模集成，是体现高精度，是怎么能连上用户。再加上模块化、数字化，高精度加高效率，来解决大规模个性化定制的矛盾。既要满足用户的体验，企业还要赚钱，要高增长、高份额、高盈利。



图 1-4 互联工厂应用效果

目前，海尔已累计建成沈阳冰箱、郑州空调、佛山洗衣机、青岛热水器、胶州空调、中央空调等 11 家互联工厂样板。海尔实施互联工厂取得了初步成效，互联工厂整体效率大幅提升，不入库率达到 69%，定单交付周期缩短了 50%，CCC 达到-10 天，其中海尔中央空调互联工厂已经实现了 100%的产品是用户定制的，100%的产品是网器、100%的用户成为终身用户。

海尔互联工厂模式为制造业从大规模制造向大规模定制转型提供了借鉴和示范的作用。海尔互联工厂的核心是与用户零距离，从以企业为中心的传统经济模式颠覆为以用户为中心的互联网经济模式，高效率、高精度地满足用户最佳体验。以前大规模制造时代串联的供应商，同步进行数字化、智能化升级，被整合形成并联资源生态圈，与终端用户之间零距离互联，从而打通整个价值链，形成高效运转的消费生态圈，实现整个产业链的升级。

1.6 细化应用场景四：设备的全周期物联生态解决方案

COSMOPlat 海智造是 COSMOPlat 的机械行业子平台，依托 COSMOPlat 的云计算、大数据等基础能力，针对机械行业企业信息化低、企业转型难等普遍问题为纺织行业提供端到端的智能制造解决方案。

机械行业主要存在以下三类痛点。一是保外备件市场流失严重，售后备件销售额低的单点级痛点；二是设备制造方和设备使用方难以将设备生产数据转换为产业价值的系统级痛点；三是设备故障排查及维修时间长，设备停机影响下游企业产品供应的系统级痛点。

实施案例：纺织机械行业纺机全周期物联生态解决方案

在纺机全生命周期中，以纺机使用环节与用户的交互为切入点，结合纺机行业独有的工艺流程和生态伙伴共建纺机全周期物联生态平台。主要实施过程如下：

一是针对设备制造方保外备件市场流失严重这一单点级痛点，纺机全周期物联生态平台提供备件商城模块。通过纺机大脑 APP 与设备制造方 WMS 系统数据共享，为设备使用方提供低于市场价格的原厂原装备件。纺机大脑 APP 会根据备件的上次更换时间、备件使用周期两个参数自动提醒设备使用方进行备件更换。设备使用方还可以通过故障工单、故障专家库等功能在故障排查时在线采购平台智能推荐的备件。

二是针对纺机产业链上的设备制造方和设备使用方难以将设备生产数据转换为产业价值这一系统级痛点，纺机全周期物联生态平台通过 COSMOPlat 边缘层采集纺机设备 PLC 控制站的实时运行状态数据、生产数据，以及通过新增传感

器采集环境数据，为纺机制造方提供客户分布、设备分布、产能分布、故障、备件等数据分析，指导纺机制造方进行精准研发；为纺机使用方提供实时开机率、设备产量、设备能耗、历史产量能耗对比等数据分析，定位生产过程的问题，指导工厂生产。

三是传统纺机设备故障的维修方式为设备故障后现场维修，设备故障排查及维修时间长，设备停机影响下游企业产品供应等系统级痛点，纺机全周期物联生态平台提供故障预测、巡检保养、故障工单、专家库以及在线远程维修功能。平台通过智能网关采集纺机设备 PLC 控制站的数据，以及通过新增的传感器（温度、湿度、振动等）采集的环境数据，构建关键部件的性能预测模型，并基于预测结果，调整巡检保养计划、维修备件以及备品备件的管理策略；平台结合故障工单模块通过提供实时文字、语音、视频实现设备使用方和设备制造方的高效沟通，缩短故障

实施效果

纺机全周期物联生态平台通过提供数字化管理模式，实现了设备运行的在线监控，管理，运维。企业实现了产品全生命周期管理，为研发提供输入数据。用户通过企业的增值服务，实现轻资产运营，评估后生产设备综合效率提升了 10%，维修成本预计每年可节省 100 万元。

1.7 细化应用场景五：海尔 COSMOPlat 大规模定制

应用场景描述

大规模定制是一种用户需求驱动，用户可深度参与企业全流程，零距离互联生态资源快速、低成本、高效的提供智能产品、服务和增值体验的智能制造模式。它既能满足用户的高精度，又能满足企业的高效率，可实现产品全周期、用户全周期的持续迭代。

大规模定制模式不是简单的设备连接、不是孤立的工厂运营、不是封闭的交易撮合、也不是单纯的软件升级，而是实现大规模与个性化定制融合、从产品体验与用户场景体验价值闭环，同时有效的进行资源组织，带动产业链企业变革升

级的智能制造模式。目的是创造用户价值，实现价值链各攸关方共创共赢，助力中国企业的升级转型，提升中国制造业的整体竞争力。

海尔的 COSMOPlat 大规模定制模式是基于自主知识产权的云平台，是一种用户需求驱动，并深度参与企业全流程、零距离互联生态资源，快速、低成本、高效的提供智能产品、服务和增值体验的智能制造模式。它既能满足用户的高精度，又能满足企业的高效率，是工业大规模定制模式实践者。COSMOPlat 大规模定制模式代表着广义的智能制造，是通过社群交互将用户碎片化、个性化需求合并整合成需求方案，同时设计师与用户实时交互并通过虚拟仿真不断修正形成符合用户需求的产品，同时用户参与智能制造全过程（质量信息可视、过程透明）并驱动各攸关方进行升级，实现企业-用户-产品的实时连接，通过场景定制体验创造用户价值，使得用户需求不断迭代，实现智慧生活的生态，同时将用户变为企业的终身用户。

实施案例一：服装行业—衣联网

行业特点及应用需求

对服装企业来说，高库存不仅会让企业的资金周转率下降，在目前储存和运输成本持续上涨的背景下，对企业意味着要付出额外的成本。而且，拖得越久，仓库里的这些衣服越难转化成利润。巨额的库存，不仅仅吞噬着企业的现金流，同时也给品牌的扩张和渠道的发展造成了阻力。而如何消化高库存，正在考验着服装企业的生存智慧。近些年，中国的人工成本上涨，大批量定单的加工制造已经转至人工成本更有竞争力的东南亚，国内的定单都具有多品种少批量的特点，这就对服装加工的柔性化生产提出了迫切的要求。

解决方案

海尔 COSMOPlat 环球智能制造项目为服装行业打造的第一个女装互联工厂，实现从平台下单到工厂生产及发货全过程数据驱动，实现自动化、数字化和智能化的女装个性化定制示范工厂，并通过平台数据分析，提升产品设计与研发，构建产业供应链的快速协同。原来只能进行大货批量生产的产业形态，正在向设计

定制化、产品精品化、采购销售物流一体化的高效率、高品质、高价值方向转变。

打造符合海尔互联工厂整体展示要求，从展厅、仓储、生产车间、物流、园区整体布局规划、展示设计符合数字、智能、精益、生态、互联要求。通过从订单到仓储全流程系统构建，实现个性化定制智能生产，能够适应个性化、小批量、快返等市场多样化需求，从下单到出货，全部系统贯通，全流程数据驱动。

工厂精益改善，从布局、流程、标准、体系、培训，涉及组织、现场、管理、效率、成本、品质各环节的规划、改善，实现精益生产，达成个性定制顺畅，小批量、快返等快速切换，柔性生产，人均效率、品质提升，单件成本降低并形成企业可持续改善精益团队与机制。通过平台下单，实现环球工厂版型与工艺等自动匹配，实现环球服装股份有限公司能够在海尔 COSMOPlat 平台实现接单功能，并使数据完成传输工厂，实现数据驱动工厂订单生产。

实施效果：

通过 COSMOPlat 大规模定制赋能，使环球服饰实现从平台下单到工厂生产及发货全过程数据驱动，实现自动化、数字化和智能化的女装个性化定制示范工厂，相较以前，不入库率提升 50%，设备产能增加 30%，不良率降低 20%，制造成本下降 20%，并且从传统加工企业转型自主品牌商，提升品牌附加值。COSMOPlat 在项目实施中，形成的系统解决方案相应可云端部署的功能模块实施上云，用于在后续其它项目中进行复制开发，开发成本较现有降幅明显。最终实现企业方，定制模块资源方，平台等攸关方增值共享。

实施案例二：房车行业一定智旅行家

行业特点及应用需求

根据《2017 中国房车产业年度发展报告》，2017 年国内房车企业产销总量为 3.78 万辆，相比 2016 年销售量 1.86 万辆的数据，同比增长 11.8%；从房车保有量上看，截止 2017 年底，全国房车保有量为 69400 辆，对比 2016 年数据 48600 辆，同比增长了 42.8%，从这一数据来看，我国房车发展虽与欧美等国相比，起

步较晚但增长较快，未来十年将是我国房车发展的黄金十年。

康派斯作为中国出口房车领军企业，发展迅猛，但同时也面临着市场同质化，制造成本高的难题，其前端通过特定渠道销售，无法直面用户需求，没有一流设计团队参与设计；而后端的制造环节面临采购成本高，交货周期长，碎片化采购等问题。面临这些难题，康派斯积极探索转型

解决方案：

项目解决方案是引入海尔 COSMOPlat 以用户为中心的大规模定制模式，从交互定制、精准营销、开放设计、模块采购、智能生产、智慧物流、智慧服务进行跨行业、跨领域的社会化复制。

COSMOPlat 房车行业工业互联网公共服务平台，一方面通过线上社群交互，让用户可以基于场景定制房车，康派斯通过让用户参与房车全生命周期，转型成为房车行业“互联工厂”，将传统房车打造成为智能房车。同时，用户在体验智能房车过程中还可以持续和工厂交互，不断迭代产品设计和制造流程；另一方面，智能房车还与线下房车营地实现互联，并可通过一键定制，预约房车营地更多增值服务。

（1）通过 COSMO-DIY 实现企业直接连接用户，了解用户的需求和痛点。并联模块商参与产品设计，使得产品更好的满足用户体验。在流程上，通过 COSMO 房车用户社群经营，将客户需求进行整理传递，形成大规模定制需求，引入国内外知名房车设计师与客户进行交互。

（2）通过 COSMOPlat 房车家园采购平台聚集房车企业及上下游企业在平台针对包含无花镀锌板，拉丝不锈钢等 8 种大宗物料进行集约采购，并且将房车帐篷、家具以及房车框架供应商集中产业园，部分物料可降低采购成本 12%，综合采购成本降低 7.3%。

（3）通过实施 COSMO-iMES，对制造流程进行流程优化再造，并为康派斯智能制造转型升级提供定制型解决方案和蓝图设计。将制造从无节拍到均衡生产，节拍从 40min/车下降到 20min/车，交货期从 35 天下降到 20 天。现在正在推进

产品模块化，生产自动化，管理信息化，产品智能化进一步升级改造。

(4) 依托 COSMOPlat 房车工业互联网公共服务平台大规模定制智慧房车，用户参与到定制需求提交、设计解决方案交互、众创设计、预约下单的产品全生命周期，并全流程可视，2018 年 4 月中旬企划开始，5 月中旬采购，6 月 6 日基于场景定制的智能房车下线。以用户为中心的大规模定制平台很好的解决了企业产品研发迭代迟缓以及配件库存高的问题。

(5) 在房车后市场，通过定智旅行家 APP 不仅可以控制房车内的所有功能，还将人、车、营地、服务联结到一起，用户只需通过 APP 就可以完成整个出行路线的规划、预定门票、预知加油站位置、了解营地周边吃喝玩乐，全覆盖房车生态；在紧急情况下，还为用户提供报警、救援等服务。

实施效果

通过 COSMOPlat 赋能，荣成康派斯房车品牌价值提升，生产效率提高 43%，综合采购成本下降 7.3%，产品研制周期缩短 20%，产品不良品率降低 10%，将康派斯房车产业园打造为全国最大的房车智能制造研发和生产示范基地，并列入山东省新旧动能转化重点优选项目。到 2020 年，基地将形成从房车模块、整车、服务贸易、供应链金融、车联网、保税库、现代物流的生态链智能制造及服务配套体系，为园区内制造企业赋能，为企业转型升级提供有力支撑及落地方案。

实施案例三：建陶行业—海享陶

行业特点及应用需求

淄博陶瓷是古老的制瓷技艺，同时淄博是驰名世界的瓷都之一。这里生产的琉璃品和陶瓷制品不仅享誉国内外，而且有着悠久的历史传统。历史悠久的淄博陶瓷，在美术陶瓷的生产方面，也有突飞猛进的发展，不论在造型和装饰上都具有较高的水平。近年来，淄博产陶企业却遭遇巨大困境，作为国内传统的建陶产区，淄博市在环保治理与绿动力提升方面均面临着巨大压力。同时建陶企业生产落后，建陶行业的服务是落后，生产效率低下，生产、供应流程不透明，品牌无法做大做强。

解决方案

一是生产智能化。通过植入海尔 COSMOPlat 智能制造系统，机器代替人工，大幅度提升生产效率；

二是全程可视化，建陶产业园将为陶企提供供应链、研发、制造、物流等全流程服务，产品开发周期缩短 20%以上，交货周期缩短到 7-15 天，能源利用率提升 5%。全程可视，全流程节点可控，提供端到端用户全流程服务；

三是制造柔性化、用户可参与设计，实现大规模定制与个性化设计相结合。

四是助推陶企品牌打造，海尔将借助自身优势帮助园内企业把品牌做起来，助力淄川建陶企业做大做强，打造淄川的国家建陶品牌计划。

实施效果

通过 COSMOPlat 与淄博市淄川区合作建立 COSMOPlat 建陶产业基地，通过产业集聚实现了淄博建陶产业园的从中低端到中高端、从传统制造到用户定制化、从企业单打独斗到产业平台化三个转型。实现对企业、园区和行业转型升级的全面赋能。在企业服务升级方面，以淄博新金亿为例，制造成本下降 7.5%，产品质量提升 4.5%，产能提升 20%，产品毛利提升 2.3 倍；在园区升级方面，推动园区成为绿色产业集群，能耗降低 18%，环保全部达标。平台吸引 100 多家资源入驻，形成行业生态，实现品牌溢价 5 倍以上。

2 工程机械行业工业互联网实践

2.1 行业基本情况及生产特点

行业基本情况

工程机械行业属于技术密集、劳动密集、资本密集型的行业。在装备工业中占有举足轻重的地位，工程机械的发展与国民经济密切相关。在国家宏观经济政策的调控下，近年来我国工程机械制造行业发展迅速，形成了国营民营企业齐头并进的良好竞争关系与发展局面。

在近两年，受到金融政策、项目开工和市场饱和度等多种因素的影响，中国

工程机械行业传统行业正在摆脱低迷萎缩的局面进入新常态，更多的企业加强对制造业智能化产品的研究，以通过技术革新向市场发起挑战，开辟新的市场。“智能制造”正成为一批中国制造业企业发展的新方向。体现在如下几个方面：

一是工程机械行业逐渐复苏，回归平稳增长。2016 年，在经历了连续多年的市场需求不足，产销量持续下降，企业经营难度不断加大的背景下，行业企业克服外部环境带来的困难，坚定信心，积极应对，实现了工程机械行业稳中向好。工程机械主要产品在经历了上半年的惯性下滑之后，下半年市场需求逐渐增加，部分产品出现了淡季热销的局面。主要产品中，挖掘机、推土机、平地机、叉车、汽车起重机、压路机、摊铺机，以及掘进机械等都实现了多年未见的增长，部分产品还出现了较大幅度的增长。

二是扎实推进国际化，“走出去”实现新突破。我国工程机械行业在前几年海外投资快速发展基础上，继续实施国际化发展战略，进一步深耕国际市场，整合现有对外投资，研发推广新型适用目标市场的产品，不断健全海外营销服务体系，加大力度培养国际化人才和营销队伍，拓展新型营销渠道，积极培育融资租赁市场，海外事业进一步取得实效，重点国家海外销售出现明显增长，海外工厂经济效益水平明显改善。

三是产业进一步实施转型升级，科技创新不断向前发展，高端设备不断取得新成果。工程机械行业在近几年的徘徊中，众多企业开始了求新求变求转型之路，从苦练内功开始，努力寻求低迷市场中的机遇，全面贯彻实施《工程机械行业“十三五”发展规划》，在推进转型升级方面取得重大进展，高端新型装备创新发展出现新亮点。在高端产品及关键配套件的核心技术研发、应用等方面取得突破。为响应《智能制造“十三五”发展规划》，一批企业在智能制造领域积极推进，实现智能转型，针对不同用户提供定制化的价值增值服务与解决方案，进一步推进向服务型制造的转型。行业企业实施了各有特色的转型升级战略举措和创新，为企业带来了新的增长点。

生产特点

工程机械企业的生产模式是典型的离散制造模式，生产的主要特点是：离散为主、流程为辅、装配为重点。工程机械企业普遍面临三个方面问题。

一是工程机械行业企业生产物流效率低下。绝大多数工程机械制造企业的生产特点是产品由多种零部件构成，再将制成的零部件组装总装为成品，在这个过程中，各零部件的加工生产过程相互独立，互不配合，生产工艺及过程离散，生产环节不能有效的衔接，造成了各生产环节的库存积压。

二是工程机械企业管理普遍存在诸多问题。离散制造模式的特点是：产品品种多，生产批量小，每批次产品复杂，生产周期长，大型设备单台套生产周期长达半年甚至一年；工艺复杂，包括磨、切、钻、铣、焊接、喷砂、油漆、装配等多道工艺处理；组织生产难度大，既有自己组织生产，又有大量采购，还有很多外协加工。大多数工程机械企业普遍存在由于计划、管理不善，造成的库存在制品储备高，流动资金占用大，不能准时交货等问题。

三是智能化已成为工程机械行业的主要趋势和方向发展。随着工业转型升级需求释放、生产力成本上升等问题的凸显，再加上科技进步后的工业机器人性价比临近拐点，接受度渐增，工业机器人在不少领域已隐隐形成替代人工的趋势，而在工程机械行业这一趋势同样适用，智能化已成为工程机械行业的主要趋势和方向发展。

2.2 行业对工业互联网实施的业务需求

一是提升生产过程智能制造水平，提高装备核心零部件生产效率与质量稳定性。核心自主研制零部件是产品功能、安全的重要保障，如何通过产线的互联改造、智能控制、大数据分析，缩短核心零部件新产品研制周期、有效降低不良品率、提升生产效率，提高设备能源利用水平，成为当务之急。

二是实现人、机、料、管理流程、管理系统的广泛互联，提高流程效率，降低运营成本。随着企业全球化业务的发展和产品市场占有率的提高，产品的种类越来越多，客户对产品的个性化定制需求越来越广泛，零部件种类和供应渠道也越来越多，物流模式越来越复杂，如何实现跨业务模块的流程优化、多信息化平台的高效集成应用，公司与客户、代理商、供应商、第三方物流公司之间的横向端对端集成，其需求越来越迫切

三是高度离散场景下，用户个性定制化需求不断增加。对于复杂的工程机械等大宗型产品如何有效的基于用户的需求研发设计，如何高效的将客户的需求转

换成可供生产使用的制造工艺技术文件，以及如何在有限的成本范围内快速的交付小批定制化产品，是工程机械行业面临的新命题。

四是智能化服务能力提升是实现工程机械可持续发展的必要前提。装备制造厂商在主机市场渐趋饱和的环境下，实现企业可持续发展，必须严格控制主机故障率，延长设备服役时间，降低工厂生产设备及工程机械产品能耗。而运用大数据分析、互联网、物联网等手段，加强服务全生命周期管理，促进主机合理使用及设备残值再利用，完全符合市场、政府导向及环境需求。

未来以企业为主导的产业互联网蓬勃兴起，以物联网、大数据、云计算为代表的信息技术深化应用，将成为改造、提升工程机械产业的强大力量。随着互联网及信息技术的飞速发展，让以工程机械企业为代表的传统工业企业感觉到转型升级实乃燃眉之急。只有充分借助大数据、物联网、信息化等数字化技术，在产业互联网的热潮中，帮助企业深度挖掘潜在用户，有效进行全网布局，才能降低企业运营成本，提升企业综合实力。

2.3 细化应用场景一：供应链协同创新应用

应用场景描述

在国内经济全面进入新常态的大环境下，工程机械行业持续低迷的发展态势，传统制造业的发展愈发进入瓶颈状态。企业之间的竞争，逐步演变成供应链和供应链之间的竞争，传统的供应链管理模式下，存在诸多现实问题，如成本控制问题、可视化问题、编码不统一的问题、业务协同问题、全球化问题等，这些问题成为阻碍企业和行业健康发展的瓶颈。随着《国务院关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》和国家工业互联网发展战略的相继出台，新兴信息技术与工业技术的融合成为传统企业发展的全新助力，亟需探索标识解析技术在工程机械行业的深度集成应用。

建设工程机械领域的智能供应链管理系统，利用工业互联网平台的数据集成与物联接入能力，将领域内供应链上下游重点企业的信息系统数据和设备、产品或零部件的物理采集数据与平台进行对接，基于标识解析技术建立标识解析体系在智能供应链建设中进行深度应用。

智能供应链系统基于工业互联网平台形成一套编码规则与接口模型，对物联网对象进行全球唯一标识，通过标识解析服务实现异构系统间信息共享与实时追踪，形成易操作、可定制、可复制的综合解决方案，实现产业链各方协作，推进物流、信息流、资金流全方位融合，供应链运营成本显著降低，供应链智能化水平显著提升。

应用场景实施架构

针对供应链管理存在的信息不透明、协同性差、流程不统一、成本控制及供应链风控难度大等问题，构建面向工程机械行业智能供应链管理平台，满足工程机械行业采购管理、物流管理、智能仓储管理、产业链协同、产品可追溯等业务需求。

面向工程机械行业的智能供应链管理平台从上至下由终端访问层、应用服务层、标识解析层、工业互联网平台层与边缘层构成。

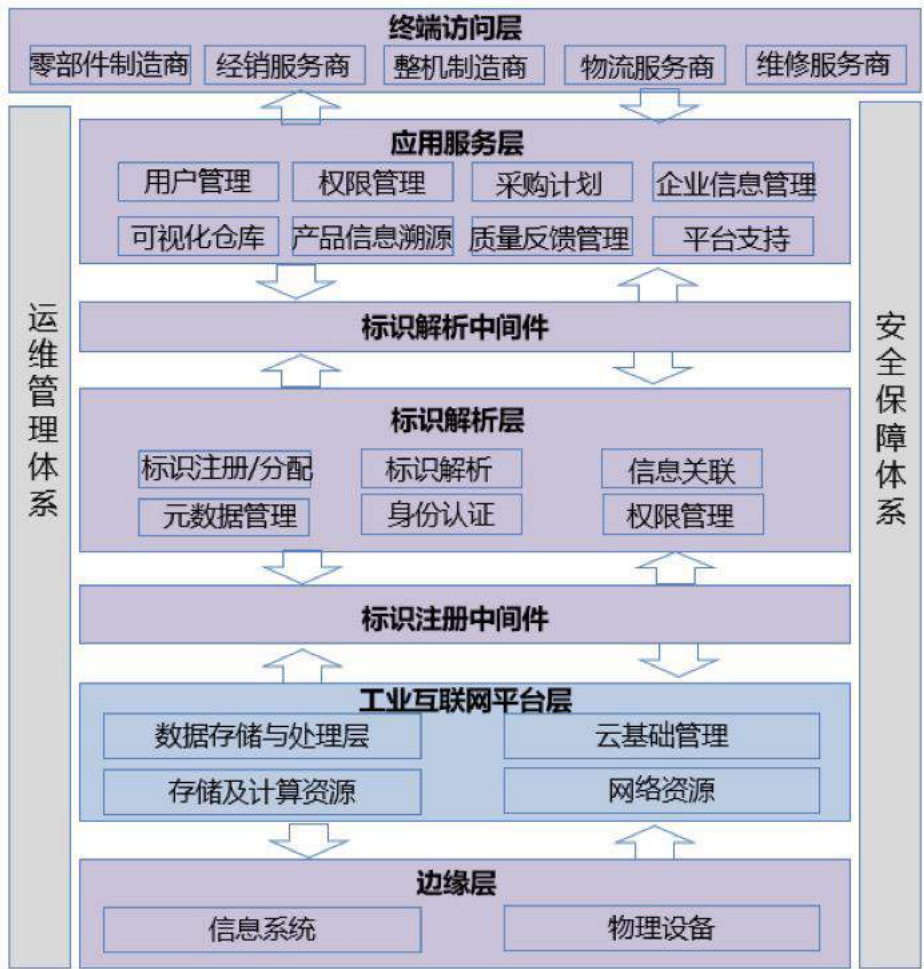


图 2-1 智能供应链管理平台架构图

- 终端访问层面向零部件制造商、经销服务商、整机制造商、物流服务商与维修服务商提供用户访问入口，不同类型用户可以通过传统 PC 端、智能手机端、专用查询工具或微信二维码等方式访问获取系统的智能供应链系统服务。
- 应用服务层基于工业互联网平台微服务框架进行构建，面向终端访问层提供系统核心服务，包括用户权限、采购库存、产品信息溯源、质量反馈等，各类微服务能够实现跨平台、跨语言的互联互通，支持各类不同的终端访问设备。
- 标识解析层为智能供应链系统的核心，基于标识解析技术，提供标准的标识注册、分配、解析、关联、身份认证等服务，将设备进行唯一标识管理。
- 工业互联网平台层为智能供应链系统提供 IT 基础设施资源，基于微服务的开发运行环境与大数据存储管理服务，能够对接信息系统与物理设备进行数据采集与处理。
- 边缘层为各类信息系统与物理设备，信息系统通过 ETL 数据集成工具将数据提取到工业互联网平台中，物理设备通过边缘信息采集终端与设备的物理接口（如 RS232/485/以太网/CAN 总线等）对接，将各类工业协议转换后提取设备实时工况信息通过云端网络传输至平台。

预期应用价值

- 采购需求实时发布
生产计划实时转为采购计划，供应商可通过标识解析自主解析实时获取新的采购需求及计划变动情况，安排生产及备货。
- 可视化仓库

整机制造企业可实时获取到不同供应商系统的备货情况、物流配送情况，仅需对异常情况（如备货不及时、超量备货等）进行跟踪，大幅降低人力及时间成本，降低供应商库存成本，降低因供应商超量备货面临的产品改型风险，促进零库存管理目标实现。

- 整机及核心零部件信息追溯

整机制造商、物流商、经销商及客户、维修服务商可通过标识解析授权机制获取到整机自装配、下线、发车、运输、整机运行状态等全生命周期的相关业务信息与实时数据，并为用户提供产品一体化增值服务。

- 探索新后市场服务模式

根据市场质量反馈数据，通过标识解析反向解析获取同批次零部件产品潜在质量问题，为维修服务商及备件服务网点提供数据支持，向用户提供主动检测及维修服务，提高市场服务响应速度；同时倒逼整机制造商及供应商进行质量改进提升。

应用案例一：徐工集团协同供应链平台

徐工集团以大型主机厂为核心，联合核心零部件制造企业，基于汉云工业互联网平台打造企业柔性、敏捷、智能的供应链体系，打破组织内部及组织间已存在的业务孤岛、信息孤岛，将上下游企业组成整个产业系统的协同供应链网络，集成各成员的核心能力和资源，有效地规划和管理产业链上发生的供应采购、生产运营、分销和所有的物流活动，特别是产业链所有相关方之间的协调和合作，实现采购、物流、信息流、资金流的全方位融合，获得供应链在管理、技术、资源等各方面的强大竞争优势。通过标识解析技术实现对象的标识、解析和信息互通，包括在工厂内部，根据需求对拟跟踪对象进行标识，既包括设备、零部件、在制品、产品，也包括部门机构、订单、工艺、人、行为等对象；部署标识解析管理系统，实现高效率、低成本战略支撑，提升生产体系协同；实现对产品全生命周期管理以及各级异构系统之间的信息交互及管理。



图 2-2 徐工集团智能供应链实施架构

供应链运营成本降低 20%，供应链上的节点企业按时交货率提高 15%以上，订货到生产的周期时间缩短 20%-30%，供应链上的节点企业生产率增值提高 15%以上，实现整个供应链网络的增值，从而提高供应链的整体竞争力。同时借助智能供应链体系打造新型全价值链生态圈，重塑产业链、供应链、价值链，引领工业企业向服务型制造的转变。

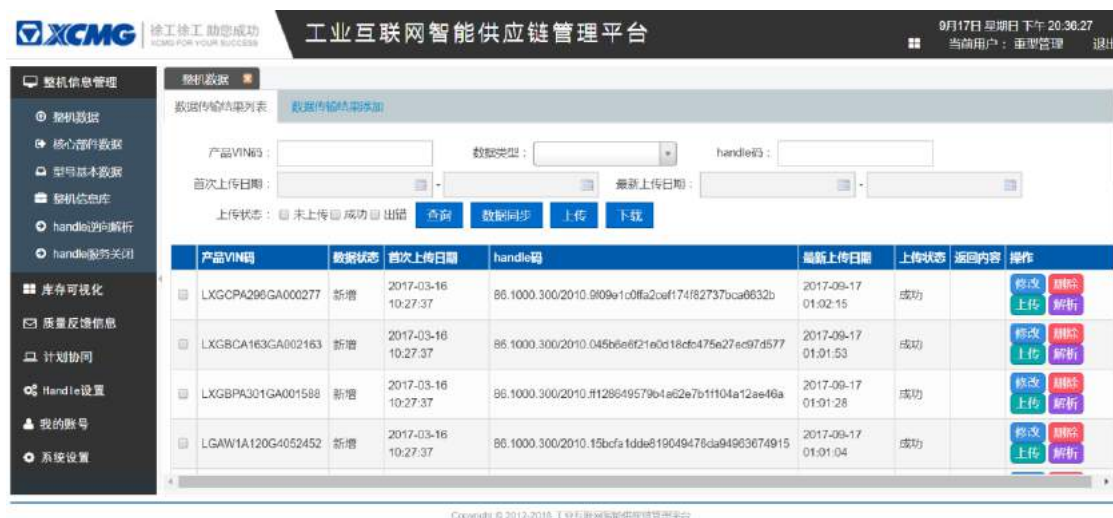


图 2-3 系统界面 1



图 2-4 系统界面 2

应用案例二：徐工集团备件管理平台

对于离散制造行业，主机销售的利润越来越低，而备品备件的销售成为各公司的重要利润来源，搭建集团级私有云平台，构建统一的备件支持网络，实现中心库存、区域库存、经销商库存精准管控。减少库存资金占用，提高备件供货能力。

徐工集团备件管理平台以备件供应链管理为核心，提供备件的计划、采购、库存、供销、追溯等功能，并通过大数据分析提供科学可靠的备件计划体系，实现备件管理的持续优化改进，平台可作为一个独立的产品提供给用户，同时可与物流、生产经营、售后、设备管理等系统对接，形成涵盖制造业生产、采购、物流、财务、研发、售后为一体的生态体系。通过标识解析实现条码与关重件信息、条码与供应商信息、条码与单据信息绑定，实时查询物流和凭证流，实现备件全生命周期数据的互联、共享，建立客户端的查询认证机制。



图 2-5 备件管理平台总体框架图

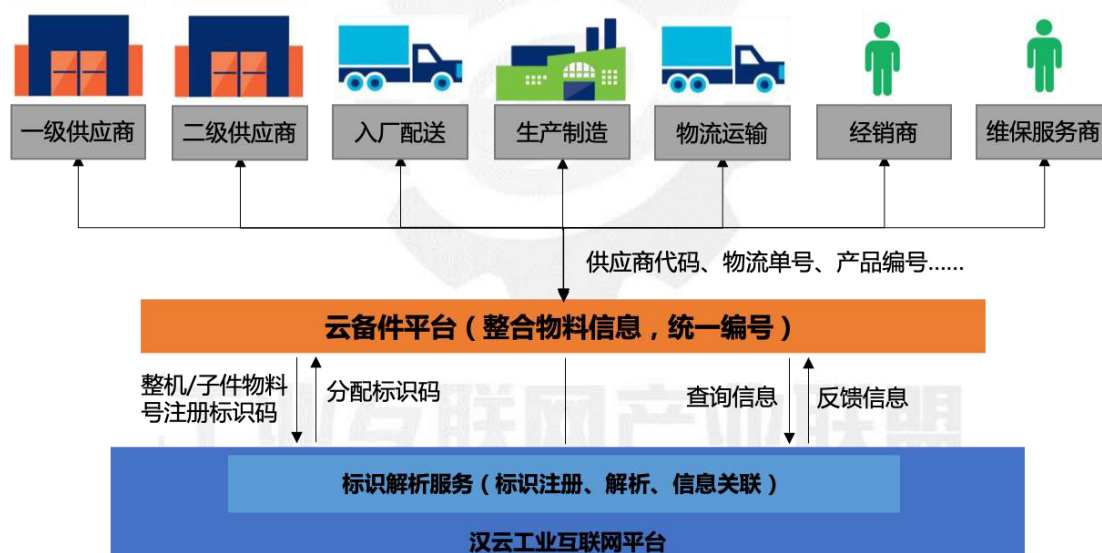


图 2-6 备件管理平台与汉云工业互联网平台协同

徐工集团备件管理平台已在徐工集团全面应用，实现对接产品设计数据生成数字化档案，一机一册对零部件精准定位；打破生产商与分销商信息孤岛，为其提供高效开单、分销服务；提供备件采购、库存、供销、追溯等功能，可与研产供销服系统对接。目前，徐工集团备件管理平台可有效提升分拣效率 8%、提升仓库利用率 6%、降低备件库存 8%、库存周转率提高 5%。另外，备件管理平台已打破行业边界，成功输出至有色金属行业，为该行业龙头企业打造供应商全面参与的采购云平台。

2.4 细分应用场景二：离散制造智能工厂

应用场景描述

智能工厂是在数字化工厂的基础上，利用物联网、大数据、人工智能等新一代信息技术加强信息管理和服务，提高生产过程可控性、减少生产线人工干预，以及合理计划排程，同时集智能手段和智能系统等新兴技术于一体，构建高效、节能、绿色、环保、舒适的人性化工厂。

智能工厂建设的基础就是现场数据（人、机、料、法、环、测）的采集和传输，数据信息使操作人员、管理人员、客户等都能够清晰的了解到工厂的实际状态，并形成决策依据。



图 2-7 离散制造智能工厂发展思路

（1）现状问题及需求

目前，工程机械行业智能工厂建设及发展面临如下问题：

- 现场设备互联难度较大，无法实时获取设备运行数据；
- MES 与 ERP、PLM 等系统集成度低，数据流无法贯通，同时 MES 无法与现场设备进行数据交互设备巡检等维护工序依赖人工介入，无法实现数字化管理；
- 缺乏故障分析模型，未开展现场设备的预测性维护工作；
- 生产设备、物料、人工等生产资源利用率较低；
- 订单执行的全过程无法实时跟踪与管控。

因而，工程机械行业智能工厂建设及发展在如下方面具有迫切的需求

- 亟待增强数据采集能力、系统间的数据交互能力；

- 借助大数据技术，实现异常事件的分析与预警、订单执行的实时监控、生产的智能排程、资源调度管理的可视化等。

（2）预期应用价值

工业互联网相关技术在生产制造的深度研发和大规模应用，将有利于推动设备智能化改造、网络互联、数据和系统集成，创新生产经营管理和产业协作与服务模式，提升生产质量和效率，为未来实现高度柔性生产，实现从“传统制造”到“服务型制造”的升级提供了坚实的设备管理与联通的基础。

- 通过 PCC 生产控制中心的建设，对生产过程中物料、设备、辅助生产资源等数据采集，并集成 PDM\ERP\CRM\MES 等应用系统，与实现订单执行与生产现场的集中管理与调度。

- 帮助制造业产线实时了解整机的实时工况、运行状态，运维保养情况，减少整机故障，降低整机故障时间。

- 对运行大数据的处理与建模，帮助产线在产品研发、质量改进、提升产品质量、快速解决故障提供数据支持，实现产品全生命周期的效率提升，提升产品市场竞争力。

- 生产数据结合 CRM 系统的应用，有助于确保产品符合市场需求，在新产品开发中，增加客户使用数据的支撑，能够从供应链的角度，完善对新产品设计、开发、客户服务等内容。

应用场景的实施架构

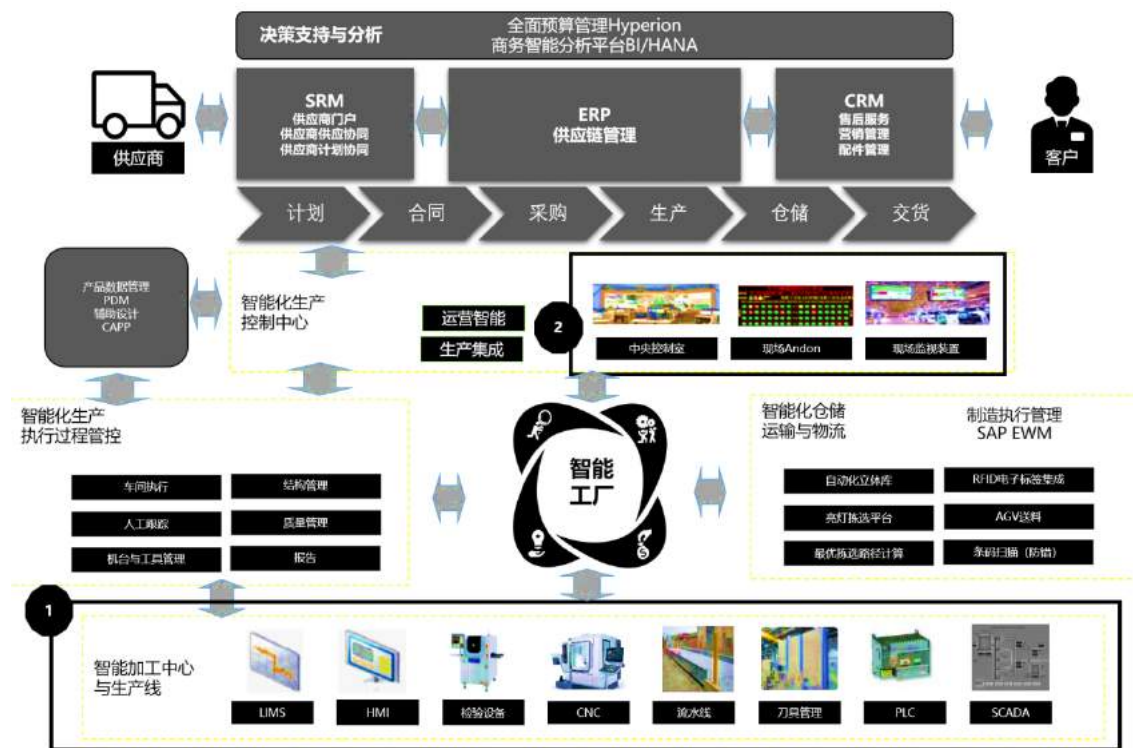


图 2-8 离散制造智能工厂实施架构

(1) 厂内设备互联与数据采集

利用智能装备实现生产过程自动化、机器换人，提升生产效率；同时搭建工业生产物联网，通过网络连入机台，实现机台的生产信息采集、机台互联，实现控制与数据传输，使机台使用率最大化。

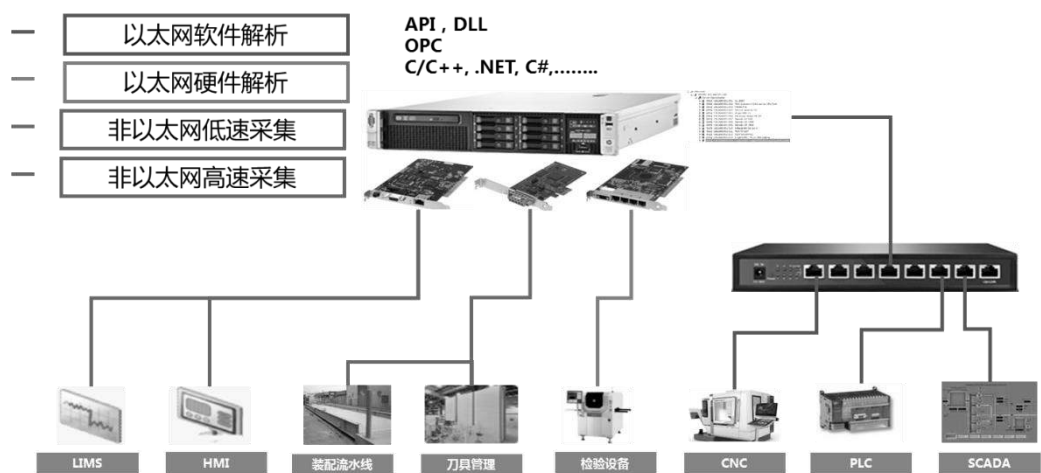


图 2-9 厂内设备互联与数据采集架构

(2) 智能化生产执行过程管控

通过对现场设备的物联集成（如：生产设备、物流设备、检测设备），实时

采集设备运行参数，通过工业云将数据传送至 MES，同时实时接收 MES 下发的控制指令，最终反馈至相应设备，从而实现对现场设备的数字化管理；通过对现场设备运行数据的实时分析处理，对生产过程控制、工艺优化具有重要意义。

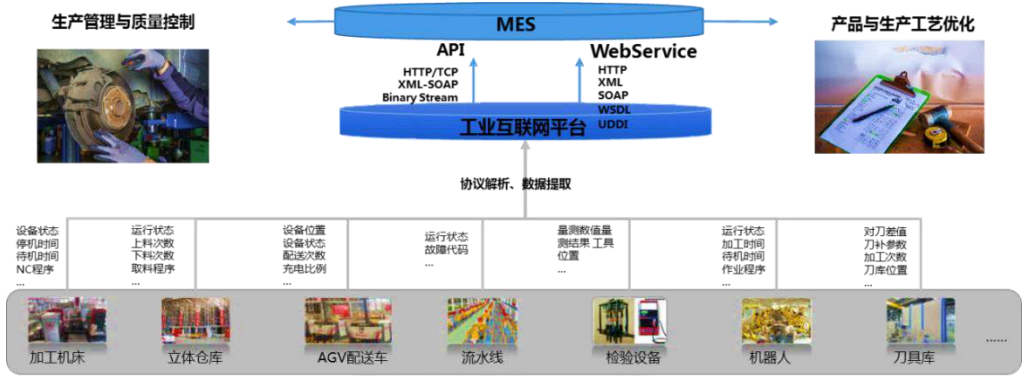


图 2-10 智能化生产执行过程管控架构

(3) 智能化立体仓库和物流运输系统

智能化立体仓库和物流运输系统实现装配线及部装线所需物料的暂存、拣选、配盘功能，并与 AGV 配智能化立体仓库和物流运输配套实现工位物料自动配送至各个工位。实现生产车间的工单管理、物料追溯、物流缺料超龄预警。根据生产过程监控及排产计划，自动提前下库，波次下架；依据先进先出原则，防止呆滞料产生；智能化的分拣、盘整指引。从零部件出库到工位的定位，到与装配时间相吻合的物料配送管控。

(4) 智能化生产控制中心

根据未来需要帮助 MES 系统打通底层生产设备的连接以及总控平台，建议建设生产控制中心 PCC。PCC 生产控制中心，通过对生产过程中物料、设备、辅助生产资源等数据采集，并集成 PDM\ERP\CRM\MES 等应用系统，实现订单执行与生产现场的集中管理与调度。核心业务包括生产计划与执行管控、质量管控、物流管控，以及生产现场视频监控等。管控对象由人变为机器，信息指令底层化，生产加工、物料配送、质量检测自动化、柔性化。

应用案例：三一重工 18 号智能工厂

18 号厂房是三一重工为打造世界一流混凝土泵送机械制造基地投资兴建的重大项目，主要用于泵车、拖泵、车载泵和搅拌主机生产。18 号智能工厂从产

品设计→工艺→工厂规划→生产→交付，打通产品到交付的核心流程。

18 号智能工厂总体架构如图所示。



图 2-11 三一重工 18 号智能工厂实施架构

- 1) 通过全三维环境下的数字化工厂建模平台、工业设计软件，以及产品全寿命周期管理系统的应用，实现研发的数字化与协同；
- 2) 通过多车间协同制造环境下计划与执行一体化、物流配送敏捷化、质量管控协同化，实现混流生产与个性化产品制造，以及人、财、物、信息的集成管理；
- 3) 基于物联网技术的多源异构数据采集和支持数字化车间全面集成的工业互联网，驱动部门业务协同与各应用深度集成；
- 4) 通过新技术的应用，实现公共资源精细化管理，包括在制品资源跟踪定位、叉车定位、人员定位、设备资源定位、数据采集、无线通信与数据传输平台；
- 5) 通过自动化立库 / AGV、自动上下料等智能装备的应用，以及设备的 M2M 智能化改造，实现物与物、人与物之间的互联互通与信息握手；
- 6) 利用信息系统，并借助与 PDA、平板电脑等移动设备，支撑检测数据的采集、以及质量体系的建设；利用 SPC 分析，提升过程质量的监控；
- 7) 借助企业 ECC 的硬件平台（大屏、监控设备）及现场 PCC 生产中心设备，对生产现场进行集中管理与调度。

18 号智能工厂建成投产后，成功打造从订单到制造的过程自动化管理、符

合工业 4.0 纵向集成模型的样板工厂，实现“产品混装+流水”线的高度柔性生产，具备 20 个工位，30 余种型号混装、年产 300 亿的生产能力，2015 年成为国家首批智能制造试点示范项目。

经过几年的运营，18 号智能工厂取得了令人瞩目的效果：

- 1) 人均产值提高 24%，可比制造成本节约 1 亿元，直供上线率提高到 24%；
- 2) 在制品减少 8%，刀具消耗量降低 12%，线边缺件率降低 75%；
- 3) 现场问题对象—质量信息匹配率 100%；
- 4) 物料齐套性提高 14%；
- 5) 单台/套能耗平均降低 8%；
- 6) 原材料库存降低 30%。

2.5 细化应用场景三：产品全生命周期智能服务

应用场景描述

随着工程机械行业市场疲软、竞争加剧、产品和服务同质化日趋严重，亟需借助互联网、物联网、大数据分析等新技术，打造新常态下在售后服务领域的领先优势，引领行业产品售后服务和质量保障体系达到新的高度，带动装备制造业整体售后服务水平提升，提升国际市场竞争力。

(1) 行业发展提出实时设备状况管理要求。装备制造厂商在主机市场渐趋饱和的环境下，实现企业可持续发展，必须严格控制主机故障率，延长设备服役时间，降低工厂生产设备及工程机械产品能耗。而运用大数据分析、互联网、物联网等手段，加强服务全生命周期管理，促进主机合理使用及设备残值再利用，完全符合市场导向及环境需求。

(2) 客户需求和售后服务脱节要求工程机械提升服务能力。工程机械往往在环境复杂的建筑工地作业，设备运营管理的好坏直接影响客户的收入，而作为一台复杂的机械设备，操作及维修保养的技术水平往往要求较高，目前国内外各大厂商服务水平，均仅仅停留在通过有限的技术熟练人员实施服务的狭义服务上，遭遇诸多问题：

- 远程售后无法实时操控了解情况。
- 巡检人员繁忙无法及时响应、巡检周期长。
- 无法进行售后维护数据采集、售后分析困难。
- 故障排除滞后，等等。

如何降低设备管理及服务人员技术要求，实现设备智慧管理及“人人皆可服务”的广义，是工程机械服务能力提升必须考虑的问题，也是引领行业变革的重大机遇。

（3）经营模式变化推进行业改进。当前工程机械行业受困于宏观经济形势而市场需求降低，工程机械企业为寻求新的利润增长点，在主机销售受阻的前提下，必须加强零部件再制造、二手机交易租赁、服务保险等增值服务。并且随着工程机械服务同质化日趋严重，各种社会维修机构及配件零售商如雨后春笋般涌现，工程机械制造商服务竞争压力逐步增大，现有服务机制如果无法实现与市场的完全接轨，将很快被淘汰，实现社会化服务模式转型势在必行。

应用场景的实施架构

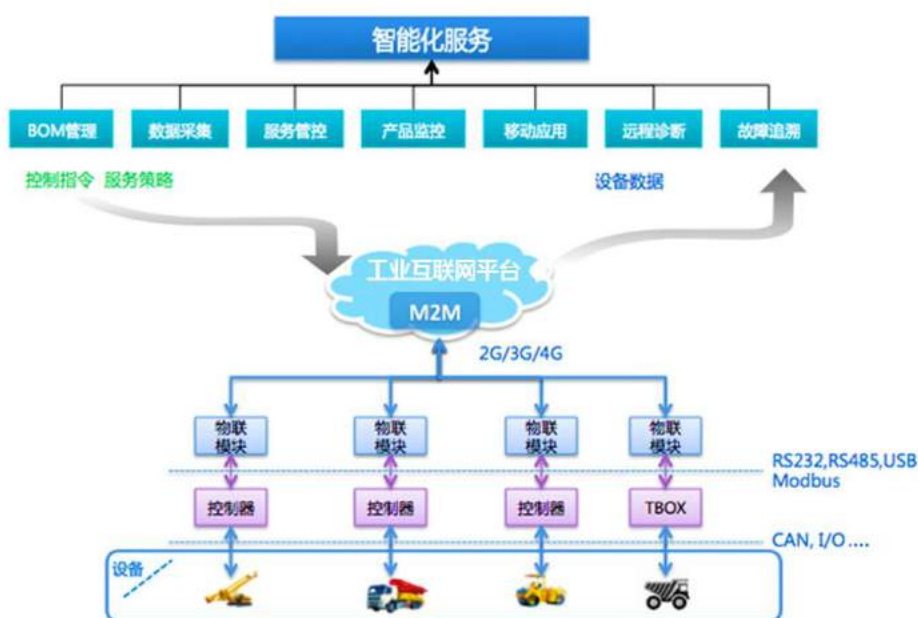


图 2-12 产品全生命周期智能服务实施架构

工程机械产品全生命周期智能服务依托工业互联网平台，借助 3G/4G、GPS、GIS、RFID、SMS 等技术，配合嵌入式智能终端、车载终端、智能手机等硬件设

施，构造设备数据采集与分析机制、智能调度机制、服务订单管理机制、业绩可视化报表、关重件追溯等核心服务。

同时，基于工业互联网平台的大数据 PaaS 服务能力，实现装备工况数据的存储、分析和应用，有效监控和优化工程机械运行工况、运行路径等参数与指标，提前预测预防故障与问题，智能调度内外部服务资源，为客户提供智慧型服务。

（1）实时数据采集与回传。实时采集各品类设备机器运行的各项参数，如地理位置信息、耗油量信息、设备运行状况信息等，并将数据存储，实时分析。

（2）远程监控、分析、诊断。针对设备工况数据进行分析，解决设备与日常管理运营问题。如设备运行轨迹、历史工况分析、机群管理分析、设备实时监控分析等。通过对设备整体或零部件运行状态、异常情况、磨损程度等技术参数的大数据分析，支持客户随时随地对设备进行监控和管理。管理设备作业状况，对设备作业量（总工作时间、作业方量、油耗、发动机转速等）进行统计，方便客户工作安排、成本控制。通过获取和分析设备的实时诊断数据，深入了解客户需求，实现用户使用状况与产品生命周期的监控，为客户提供及时的设备非正常状态提醒，预防损失，也为服务工程师维修提供依据。

（3）智能故障诊断。对设备运行数据进行实时采集与处理分析，根据已设定的规则进行非法操作报警、设备异常报警、偏离预定位置报警等实时报警，以及故障远程诊断、维护，并相应与智能服务平台一键智能派工服务集成。

（4）故障预测。基于存储在大数据存储与分析平台中的数据，通过设备使用数据、工况数据、主机及配件性能数据、配件更换数据等设备与服务数据，进行设备故障、服务、配件需求的预测，为主动服务提供技术支撑，延长设备使用寿命，降低故障率。

（5）资产管理。设备解锁管理：实现系统远程锁机/解锁、多级别的锁机控制、锁机流程管理、锁机历史记录管理等。设备维保管理：实现可根据自定义参数制定合理的保养计划并提供精准的保养提醒和记录等。设备档案管理：实现设备图册管理、设备配件管理、操作保养手册管理、设备基础信息管理等。

（6）机群管理。客户对拥有的不同品类设备进行集中管理；已购机用户、有设备需求用户、项目承建方等可以在平台上进行需求管理，用户可以发布设备使用需求或设备使用需求、项目承建方发布设备需求并以虚拟项目形式对项目

涉及的设备进行机群管理，并主动推送相关信息。

应用案例：高空作业车设备物联管理

湖南星邦重工有限公司公司专注于各类高空作业设备的研发、制造、销售及服务。2016 年，星邦重工以“高空作业车”设备为主，引进树根互联技术有限公司的根云 RooCloud 平台及智能服务 SaaS 核心功能，实现高空作业车地理位置信息、工况信息的采集、资产管理、智能服务管理、决策支持等功能，覆盖 26 种类型的设备；优化高空作业车端到端的一体化流程，有助于提升和完善星邦重工后期业务拓展。

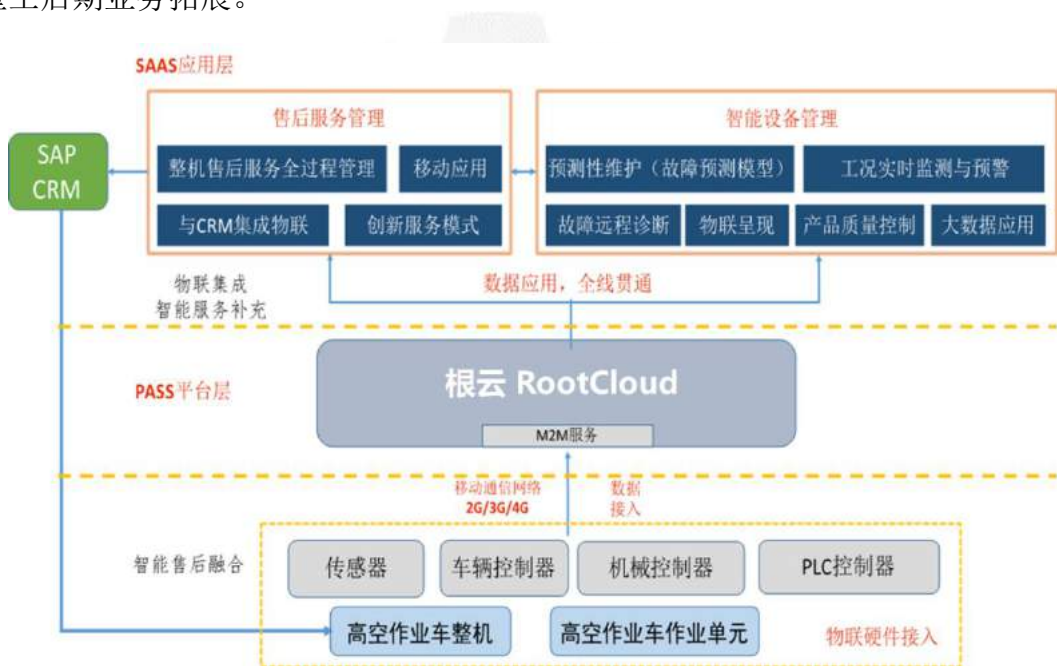


图 2-13 高空作业车产品全生命周期智能服务实施架构

1) 边缘接入层

通过对高空作业车的车架、作业单元、控制单元等各个部分进行硬件接入分析，有以下的三种 M2M 的接入方式：

无控制器单元：设备单元本身如果具备参数可采集能力，加装控制器。通过 CANBUS 协议解析文档和 ECU 等参数读取，开发测试对接控制器，采集设备参数；

自有控制器，但没有数据传输单元：加装物联模块，控制器厂商配合联调对接物联模块；

自有控制器，有数据传输单元：控制器厂商统一移植端侧连接到云端的协议（按照根云平台提供的协议文档规范和参考代码）。

2) PaaS 平台层

数据采集层通过无线的方式将设备运行数据实施传输到根云平台，平台通过标准的接口和数据协议，将相关数据进行整理、存储和备份。同时提供数据的格式化清洗，数据过滤，数据分析等多种工业数据管理操作，为上层 SaaS 应用提供平台支撑。

3) SaaS 应用层

针对设备的数据特性、功能需求，开发和部署“高空作业车设备管理应用平台”。运用物联网、大数据、云计算、机器学习、人工智能、虚拟现实和增强现实等新技术，通过 B/S、手机端 APP 等多种终端互动方式实现设备全生命周期的管理业务应用，主要覆盖两大业务：

物联呈现：针对设备工况数据进行分析，解决设备与日常管理运营问题。如设备运行轨迹监视、设备实时监控分析、故障诊断分析、设备资产管理等；

设备全生命周期服务管理：面向企业产品后市场人、财、物的管理服务。通过提供轻量化的 SaaS 服务，提高企业客户在设备全寿命周期的维修、保养、技改、交机、巡检、旧件返厂、配件销售、回访监督等服务效率。

通过基于根云平台实施产品全生命周期智能服务解决方案，星邦重工以服务流程优化驱动，融合信息化管理手段，输出公司服务体系业务流程，建立基于工业互联网的智能服务平台，提高为客户提供增值服务的能力，支撑公司卓越运营。

2.6 细化应用场景四：工业互联网+保险创新应用

应用场景描述

随着大数据技术的快速发展，利用工业互联网技术获取设备的运行数据和历史设备保险业务数据，应用数据挖掘分析技术实现智能定价和个性化定价，已是设备保险市场的迫切诉求，探索寻找解决这些问题的方法与系统也随之成了实践动力。

待解决的关键问题包括：

- 1) 如何科学有效地对设备的运行状况进行掌控；
- 2) 如何对设备故障、事故等风险进行准确预测；

3) 如何确定不同险种相应的关键风险因子等。

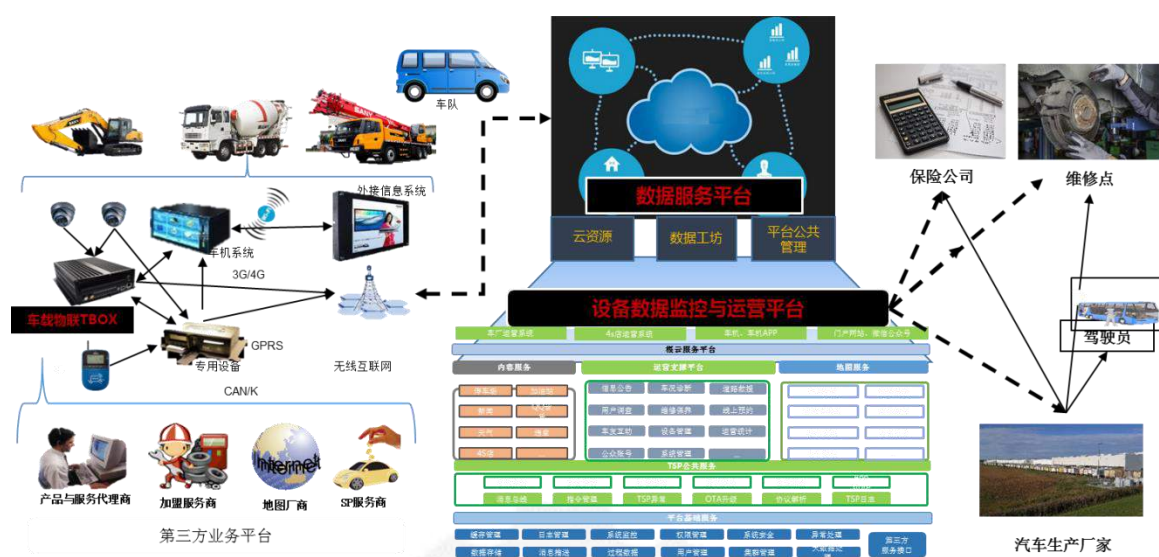


图 2-14 工业互联网+保险创新应用实施架构

以工程机械装备的物联数据和设备维修换件数据为基础，完成数据的评估和分析，针对设备使用情况与设备故障维修情况进行大数据挖掘与建模，生成设备的综合状态评估，以及设备主及企业的运营状况及信用风险等模型，从而建立设备质量评估指数。



图 2-15 工业互联网+保险创新应用业务逻辑图

提供基础的数据清洗与管理服务、设备工况画像分析服务、设备维保画像分析服务，以及结合工况和维保数据以及保险经验构建的质量评估指数/维修概率预测模型分析服务。涉及到客户核心系统和数据的定价等业务和应用则由客户自主把控。

根据模型成果开发用于精算定价与风险选择的数据产品，协助保险公司的精算和产品研发部门在用户使用场景、风险管理上提供技术、数据及运营支持，并结合设备质量评估指数及其他变量信息，帮助其完成保险产品创新。

应用案例：工程机械 UBI 保险

久隆财险是国内首家聚焦于装备与装备制造业的专业保险公司，以工业互联网、大数据平台和工业资本为支撑，为客户量身定制专业化、智能化保险产品和服务。

基于树根互联的根云 RootCloud 平台，联合久隆财险和三一重工，聚合装备制造、工业互联网及金融（保险类）三方面的人才和技术，首次探索和尝试“装备+数据+金融”的闭环商业模式，共同对三一装备的物联网数据及企业运营数据进行深度挖掘与应用，研发基于物联网的保险产品，发掘工业大数据的金融价值，探索工业大数据创新性商业模式。

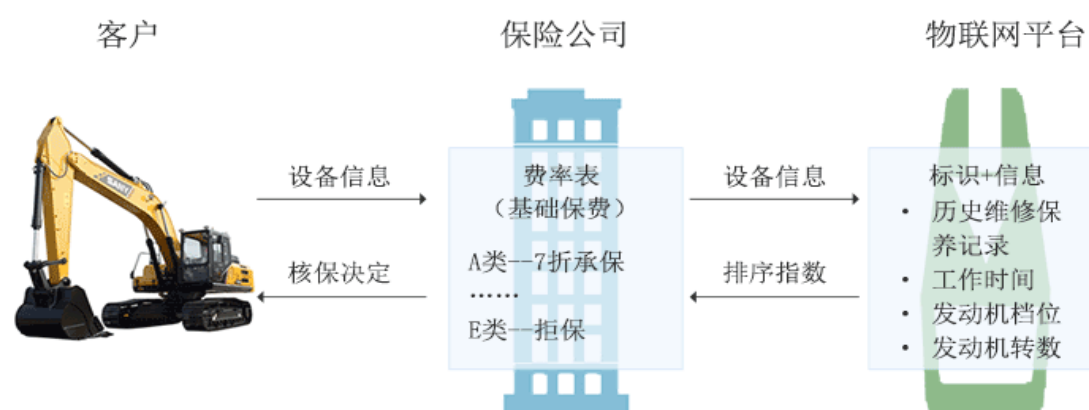


图 2-16 工程机械 UBI 保险业务逻辑图

通过基于设备的数据对损失概率进行预测，在设备定价中将每一台设备运行数据（工况数据）作为定价变量来考虑，可以对每台单独设备提供更加准确、公允、动态的定价，帮助保险公司进行风险选择与精准定价。这与传统保险基于累积数据的静态定价相比，是极大的提高，已经申请相关专利。

案例已实施上线，对于平台上有数据跟踪的每一台挖机设备，可以做到精准的个性化保费定价。对保险公司核保、定价、产品创新等都提供了基于数据分析预测的客观和有力的参考。

中挖 - 将差于本类业务都拒保后					
	本组中挖平均维修费用	剩余业务的平均维修费用	删除的业务量占比	删除后维修费用减少比例	总利润比例
M1	11				
M2	36	11	0%	95%	8%
M3	34	68	0%	88%	6%
M4	38	26	0%	83%	5%
M5	43	54	0%	80%	0%
M6	92	33	0%	72%	3%
M7	60	38	0%	57%	0%
M8	17	28	0%	44%	7%
M9	53	62	0%	32%	8%
M10	32	95	0%	20%	3%
中挖平均	52				0.69
*假设20%的费用率和5%的利润率					

图 2-17 工程机械 UBI 保险应用示意图

从保费规模、利润、承保机器数量出发，中挖是最“值得”开展业务的机器类型，小挖次之，大挖第三。加入承保投入和单均价值的考虑，中挖依然是最“值得”开展业务的机器类型，大挖次之，小挖第三。开展业务时，中挖和大挖应该拒保第九和第十档的业务，小挖应该拒保第十档的业务。对于开展业务的设备，其设备维修费用及利润比例都可明确分析与排序，并指导保险对于每一档进行精准定价。

3 电子信息行业工业互联网实践

3.1 行业基本情况及生产特点

电子信息产品是指涉及电子信息的采集、获取、处理或控制方面的电子产品，如电子元器件、电子信息材料、手机、电脑、视听产品、网络及通信设备等。电子信息产品属于知识、技术密集型产品，其科技含量较高；产品注重质量、节能环保，并遵循行业标准及国际标准；产品竞争激烈，升级换代迅速。

中国电子信息产业是经济总体中的朝阳行业，总体规模位居世界第二，仅次于美国。中国在手机、电脑、网络通信设备及产品方面世界总量第一，并在固定电话、移动电话和互联网的用户数量上领先全世界，同时拥有全球最大的信息通讯网络。

2017 年 9 月，工信部发布《中国电子信息产业综合发展指数研究报告》，该

报告显示，2016 年中国电子信息产业主营业务收入达到 17 万亿元，是 2012 年的 1.55 倍，年均增速 11.6%；2016 年电子信息产业利润总额达到 1.3 万亿元，是 2012 年的 1.89 倍，年均增速 17.3%。

电子信息产品细分种类众多，产品间差异大，不同产品其制造工艺过程不尽相同，但一般都遵循模块化设计与模块化生产制造理念，涵盖模组、部件到整机的生产全流程。电子信息产品制造一般工艺流程如下：

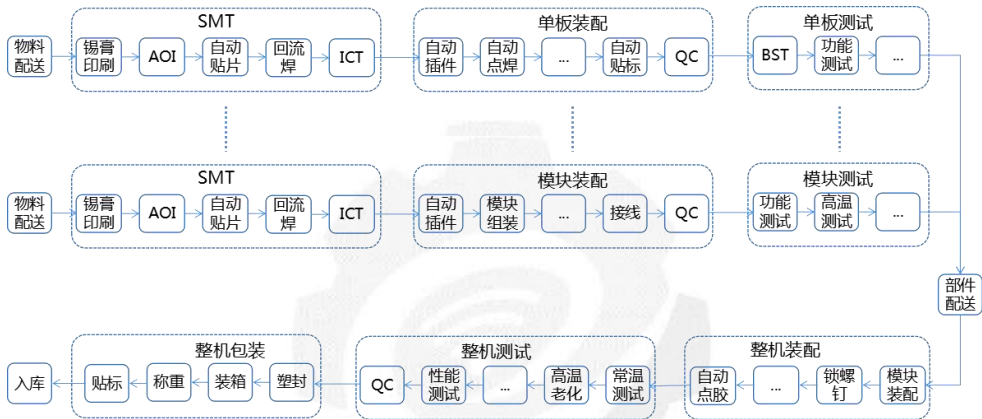


图 3-1 电子信息产品制造工艺流程

一般工厂根据产品生产订单量、产品生命周期、工艺过程特点等因素，综合考虑生产效率及投资效益，确定产品生产制造模式的基础上建设产品生产线。整体上看，电子信息产品制造呈现出 3 种不同的制造模式：面向大规模产品的流水线制造模式、面向订单拉动产品的单元生产制造模式、面向单一高价值产品的手工生产制造模式。

面向大规模产品的流水线制造模式，指的是采用工业机器人、自动化专机、特定生产装备等，组建自动化生产线，实现各个工序的自动化、无人或少人化生产作业。采用自动化流水线制造方式，可以大幅提高劳动生产率，缩短生产周期，减少在制品占用量和运输工作量，降低生产成本。但是自动化设备初期投资大，而且设备多为专门定制，不能及时地适应产品产量变动、品种升级和技术更新。所以，自动化作业方式，主要适合于种类单一、产量大、寿命持续时间长、工艺简单稳定的产品的大规模产品的制造。

面向订单拉动产品的单元生产制造模式，是指生产线按照流程布局成一个完整的作业单元，作业员在单元内进行目标为“单件流”的作业，也称之为单元生产方式。该生产模式，通过单件生产、Cell 单元化布局、多能工培训、减少中

间在制品、消除批量周转、追求零故障等措施，可以大幅缩短生产交付周期，节省不必要的材料和中间组装环节，实现产品的快速转换，可以根据产品需求情况调整 Cell 单元数量，从而迅速适应市场订单品种和数量的变化。所以，单元生产制造模式，非常适合基于订单拉动的多品种、小批量、短交期的产品制造。

面向单一高价值产品的手工生产制造模式，就是基于人工作业方式。主要特点是以人工生产为组合，生产效率低，产品质量和交付周期受到工人技能水平、工作状态、工艺复杂程度等多种因素影响。但是，对于单一高价值产品，特别是在产品加工、组装、检验等环节，无法采用自动化装备实现，必须人工主观判断或检验的节点，都需要采用人工作业。所以，人工作业，主要适合产量小、产品加工装配工艺复杂，或者需要人工进行主观判断分析的场所。

流水线生产、单元生产、手工生产这三种制造模式，在电子信息产品制造中广泛存在，都具有各自的应用场景和具体需求。但是，仅仅只是生产方式的调整和升级，还远远无法实现电子信息产品制造的根本性的变革。只有所有生产设备、过程环节与资源，和工业互联网的充分结合，消除信息壁垒，实现所有要素的互联互通，才能为电子信息产品的智能化生产提供坚实的基础。

3.2 行业对工业互联网实施的业务需求

工业互联网是由智能机器、网络、工业互联网平台及应用等构成的系统，能够实现机器与机器、机器与人、人与人之间的全面连接与交互。这种互联不仅是数据信息流的简单传递，而是融合了智能硬件、大数据、机器学习与知识发现等技术，使单一机器、部分关键环节的智能控制延伸至生产全过程。工业互联网为生产数字化、网络化、智能化发展提供支撑，是实现智能制造的关键基础，也是生产制造发展的新阶段。

传统工业企业的生产过程协同只能在企业内部各个部门之间、不同车间之间实现小范围协同。工业互联网突破了时空界限，集成了供应链、客户关系、制造执行、企业资源等系统，为整个供应链上的企业和合作伙伴搭建了信息共享平台，将生产过程协同扩大到了全供应链条甚至是跨供应链条上，实现了全生产过程资源的网络化配置，可实现社会化协同生产。传统工业生产极大地依赖固定生产线，能源、原材料、机器、设备组和其他生产设施均按照最大生产需求配置，在闲置

生产时段易造成极大浪费，生产过程中也无法灵活调整分配。在工业互联网条件下，通过互联将智能控制链条延伸至生产的各个环节，推动生产流程向可通过软件定义、管理和执行的智能化方向转变，实现生产动态调整。

传统电子信息产品制造中自动化生产、单元生产、手工生产方式与工业互联网相结合，将通信信息技术与电子信息产品制造相融合，实现机器设备健康管理、人机一体化协同作业、生产过程质量追溯、产品生命周期质量管理，从而优化对装备和资源的使用，推动生产和运营的智能化，创造新的经济成效和社会价值。

流水线生产中的设备健康管理

在电子信息产品制造中，自动化流水线制造模式，实现大批量、标准化、持续不断的生产，需要依赖于大量生产装备进行，其对设备运行状态、维护状态、保养情况等，都需要进行严格的管理和监控；一旦因设备管理不善导致生产停机、贵重设备提前报废、产品质量隐患或安全事故对企业造成的损失往往是巨大和难以承受的，为使这些设备保持健康运行状态，帮助企业降低生产制造成本和提高产品质量，实现企业的可持续和健康发展，就需要对设备进行健康管理。

通过工业互联网采集设备运行状态信息，对设备运行状态进行实时监测，并结合采集到的设备故障信息，实现对设备的健康管理和可预测性维护，以较少的投入，大大延长设备的技术寿命、经济寿命和使用寿命，为企业产生检修效益、增产效率和安全效益，使企业保持良好的经济效益。

单元生产中的人机协同一体化

电子信息产品制造目前呈现出复杂化、非结构化、柔性化和随时可能改变尺寸形状等特点，在自动化流水线生产或单元作业方式中，单纯依靠机器来实现产品自动化生产，其解决方案难度和成本将会是巨大的；另外在高精密装配上，无论机器怎样发展，都有它的局限性，远不及人的灵活性。即便是那些已有大量操作依赖机器的企业也发现，机器灵活性不足以也难以适应不同的生产作业以及意外情况，仍需要人员针对不同的任务或花费昂贵的离线时间对机器进行重新设置。通过工业互联网人机数据交互，在确保安全的前提下，可以消除人与机器的隔阂，将人的认知能力及灵活性与机器的效率和存储能力有机地结合起来，以人机协作方式，提升整个产品制造的生产力及质量，将成为当前企业智能生产的一个重点

研发和突破领域。

流水线生产中的质量管理和追溯

电子信息产品的生产加工过程中，从来料、配送、生产、装配到发货各环节，整个过程经人为分割，导致各环节业务数据无法有效衔接及利用。

基于工业互联网技术，可获取全生产过程的材料质量数据、工艺参数及自动化生产设备状态业务数据，经数据挖掘技术，可进行质量问题的根因分析，发现并消除质量管理环节中存在的漏洞，也可运用大数据分析工具建立质量预测模型，实现质量问题的提前预警，为生产提供决策服务。

通过工业互联网技术、RFID 及二维码等技术与电子信息产品制造过程的结合，可实现对全生产过程关键工艺参数、设备参数及操作情况等数据的标记及采集，从原材料供应、生产的各工艺环节直至产品的最终交付，使整个链条的所有环节数据彼此建立关联关系，在任意环节出现质量异常时，均可精确追溯到前段任意工艺环节数据，并进行分析，来获取异常原因。可运用大数据分析工具建立质量预测模型，主动分析原材料质量数据、生产设备工艺参数及设备状态数据变化等，发现潜在质量问题，提前进行预警及解决。

实施案例

高产能的全自动化生产线马达健康管理实例：整条产线包括机台上的 36 台伺服马达、传送带上的 20 台交流马达以及多路径传送带上的 5 台交流马达。如下图所示的产线传送带的一小段为例，传送带上有 6 台马达，每台马达都有独立的配电装置，内含电压、电流侦测装置，通过电压电流转换器，将信号发送给网络通讯主机(E-Gateway)；每台马达上都安装温度、振动传感器，将温度和振动频率转换为数字信号，然后传送到同一台网络通讯主机(E-Gateway)。每一台马达都配有独立的网络通讯主机，这样马达之间的信号不会受到干扰，无论是 SCADA 系统还是手机，都可以接收到马达运转的实时信息。具体系统架构如下图所示。

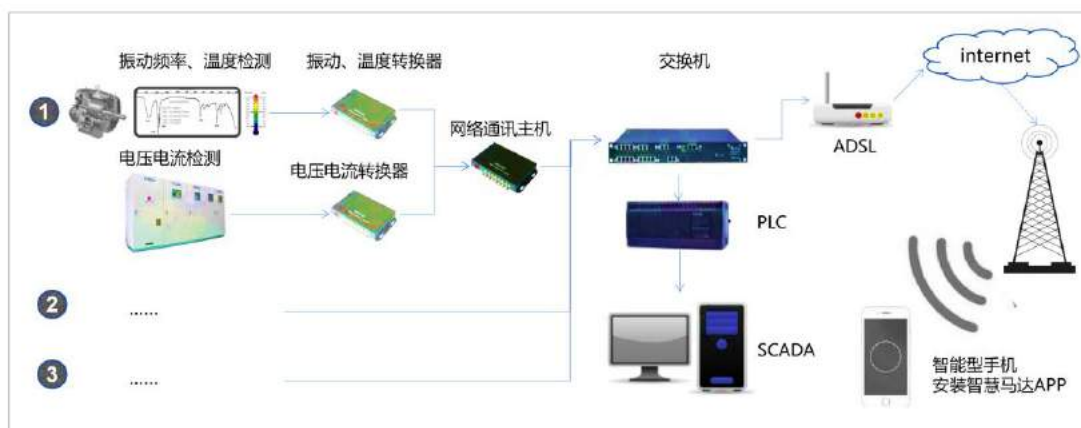


图 3-2 马达健康管理实施案例

通过这套智能马达系统，可以实时监控马达的温度和振动频率，从而显示出马达低额运行的状况、故障次数和日/月用电报表并发出告警信息。

综上所述，运用设备健康管理系统，实现设备数据可视化，工作人员提前得知设备的健康状态，提前购买、准备设备及其零组件，在设备出现问题之前就对其进行维修、更换，避免因设备突然出现问题而造成的产能损失，提高设备稼动率，达到提质增效的目的；也能提前安排工作人员的工作，提高人员工作效率，进而降低人力成本。

3.3 细化应用场景一：设备健康管理

应用场景描述

设备健康管理是通过整合设备管理的规章制度和管理流程，紧密围绕设备状态的监测、维修、使用和工厂环境等信息，运用智能现场系统对涉及设备健康的因素进行全面分析和管控，运用智能排程系统对维修活动进行优化排配。设备健康管理通过更好的信息可视化、可预测性和简化作业流程来提高设备的可靠性和绩效，减少设备停机造成的生产延误，提高生产线性能；通过预测和认知分析加快设备维修进度。

因此，设备健康管理主要有以下两个功能：1）故障预测：预计、预警、诊断部件功能的状态（包括确定部件的剩余寿命和正常工作的时间段）；2）状态管理：根据诊断、预测信息、可用资源以及使用需求对维修活动做出适当的决策，确定是否更换设备、更换其零组件或者正常维护。

应用场景的实施架构

设备健康管理主要分为四个层次：边缘层、IaaS 层、PaaS 层和应用层。如下图所示：



图 3-3 设备健康管理实施架构

边缘层包括设备现场作业、设备参数的修改和硬件维护；
IaaS 层、PaaS 层包括 FA/MES/SCADA 等智能现场管理系统、大数据平台和 APS 智能排程系统；

应用层包括 ERP 系统，设备在线采购以及实时监控。
设备健康管理的流程如下：

1&2) 智能现场系统通过在设备上安装的传感器，实时收集设备产生的数据；一方面，通过手机或显示器接受智能现场系统发送的数据，工作人员可实时监控设备状况，另一方面，将设备数据发送到大数据平台；

3&4) 大数据平台进行数据分析和仿真模拟；大数据平台会根据分析结果，将预测预警设备需要更换的排程信息发送到 APS 系统；若只是设备参数需要调整，大数据平台会发送指令到智能现场系统，系统通知工作人员远程修改参数；

5) APS 系统收到设备预警的排程信息后，实时发布维修计划到 ERP 系统；

6&7) ERP 系统根据维修计划制定采购计划, 采购人员通过云平台购买设备零部件, 并在 ERP 系统里维护设备交期;

8&9) ERP 系统将设备交期回复给 APS 系统; APS 系统根据设备交期调整维护排程并发送到智能现场系统;

10&11) 根据智能现场系统显示的设备维护排程, 技术人员进行维护工作; 智能现场系统实时发送设备维护进度给 APS 系统;

12) 设备维护完成后, APS 系统会发送完工报告给 ERP 系统, 维护结案。

实施案例

高产能的全自动化生产线马达健康管理实例: 整条产线包括机台上的 36 台伺服马达、传送带上的 20 台交流马达以及多路径传送带上的 5 台交流马达。如下图所示的产线传送带的一小段为例, 传送带上有 6 台马达, 每台马达都有独立的配电装置, 内含电压、电流侦测装置, 通过电压电流转换器, 将信号发送给网络通讯主机(E-Gateway); 每台马达上都安装温度、振动传感器, 将温度和振动频率转换为数字信号, 然后传送到同一台网络通讯主机(E-Gateway)。每一台马达都配有独立的网络通讯主机, 这样马达之间的信号不会受到干扰, 无论是 SCADA 系统还是手机, 都可以接收到马达运转的实时信息。具体系统架构如下图所示。

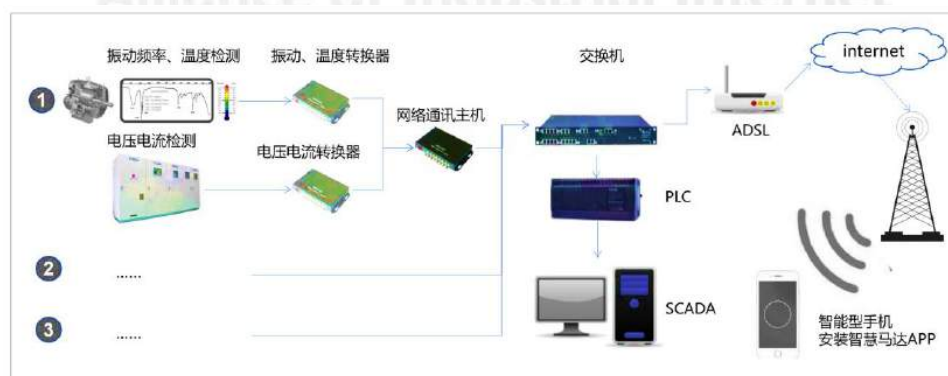




图 3-4 马达健康管理实施案例

通过这套智能马达系统，可以实时监控马达的温度和振动频率，从而显示出马达低额运行的状况、故障次数和日/月用电报表并发出告警信息。

综上所述，运用设备健康管理系统，实现设备数据可视化，工作人员提前得知设备的健康状态，提前购买、准备设备及其零组件，在设备出现问题之前就对其进行维修、更换，避免因设备突然出现问题而造成的产能损失，提高设备稼动率，达到提质增效的目的；也能提前安排工作人员的工作，提高人员工作效率，进而降低人力成本。

3.4 细化应用场景二：人机协同一体化

应用场景描述

随着中国工业进程的快速推进，产生了一系列超大规模的电子加工企业，这些企业多覆盖冲压、注塑、烤漆、PCBA、组装等不同加工制程，因原材料或组件的物理形状和材料特性不同，及产品迭代周期大部分在半年到一年半左右，无法实现或实现全自动化生产的设备投入往往较高，产品迭代又需要全新投入或部分改造，所以一定时期内，人机协同工作符合这类企业的投资策略。

该类企业的特点人力相对密集，辅以代替人进行简单重复劳动的半自动化设备，以人机协同加工作为主要的作业方式。企业特点要求人和机实现高效协同，实现生产节奏的同步。保证生产的稳定、高质、高效是这类生产组织模式的核心能力需求。

为此，施耐德导入了 EcoStruxure 架构。

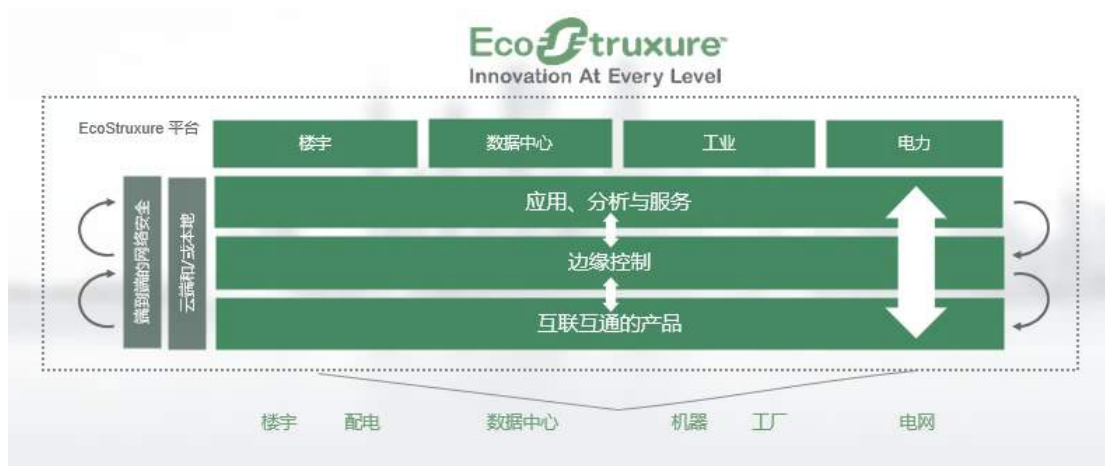


图 3-5 施耐德 EcoStruxure 架构

EcoStruxure 是一个技术框架，涉及互联互通的产品，边缘控制，以及应用、分析与服务等方方面面。互联互通的产品构成了物联网的基础，通过边缘控制帮助客户连接控制平台，支持客户进行简单的设计、调试和监控操作。

应用场景的实施架构

总体实施架构分成四层，分别为：物理设备层、核心网络层、制造运营层和企业管理层：

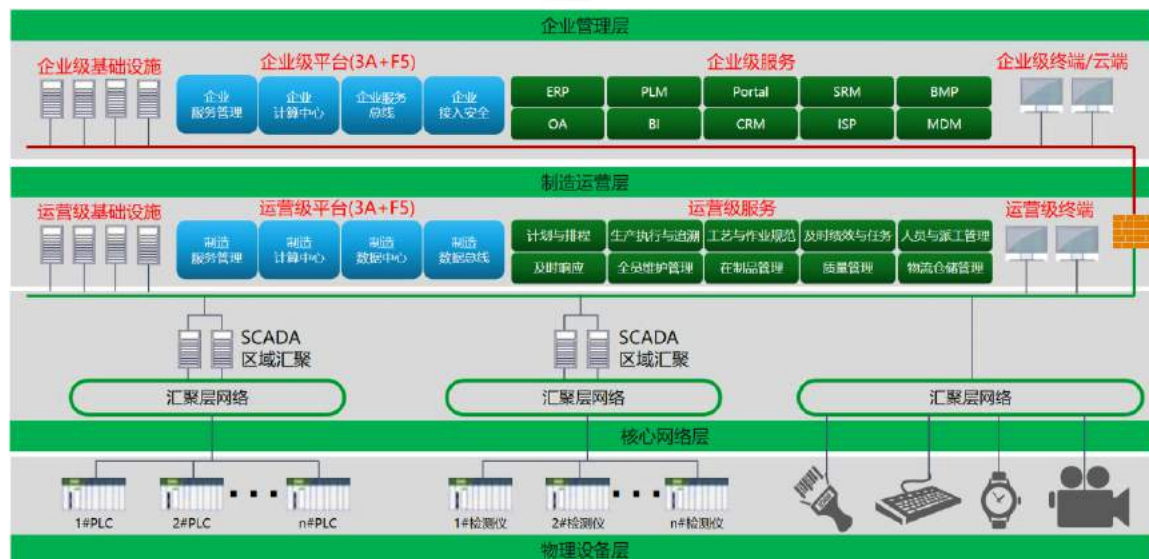


图 3-6 人机一体化协同实施架构

企业管理层以企业级平台为基础，管理企业级服务，企业管理层采用 3A 的统一认证方式，实现企业级系统应用统一认证，企业管理层采用负载均衡，保障企业级服务高效安全的运行；企业级平台以企业服务总线为数据介质，将企业管理层内部以及与制造运营层的数据打通，让企业管理层具备横向的数据交互，也

为企业层提供了可靠的底层数据来源；企业计算中心以应用现代化计算机信息技术，对企业层数据进行多样化分析，对企业级的数据进行扩展和转换，为企业决策提供更多的依据。依托企业级平台，生成实现各项业务需要的服务，为企业级客户提供业务支撑。

制造运营层以生产管理为核心，集所有生产管理系统为一体，提供独立的运营级平台，运营级 3A 可以继承企业级 3A 体系但独立于企业级，运营级平台主要有服务管理、计算中心、数据中心和数据总线，制造数据中心以统一架构为指导思想，让整个运营级别的基础数据、生产数据、质量数据、监控数据和运营数据可以发布部署，有效集合，增强运营级别数据的处理能力和扩展能力；制造计算中心以现场运营管理为模型，对数据进行分类、分层计算，给运营管理提供可靠的运营数据；数据总线可以让运营级服务内部及和上层企业级、下层进行高效的数据交互，数据总线支持负载均衡。所有运营级服务基于运营级平台为运营级客户提供服务支撑。

核心网络层以为制造运营层提供网络支撑的核心网络为中心，以为分布式数据采集提供网络支撑的汇聚层网络为分支，以连接各现场设备和接入层网络为终端，实现网络的分层和区域控制，整个网络拓扑可以通过数据中心的管理端进行管理。

物理设备层以控制单元为核心，控制单元连接感知元件及执行单元，通过控制单元实现现场设备控制和回路调节。

实施案例—施耐德精益数字化实现高效人机协同

施耐德第一个小型断路器生产厂，到 2004 年一直保持年销量 15% 的增涨，同时老厂房面临租期将近，且延续了 17 年的生产运营方式，效率提升已经达到一个瓶颈，如果不进行变革式的改变，将面临市场和内部的双重挑战：

- 工厂人员众多，管理成本较高；
- 产能需求加大，工厂厂房不足以应对未来市场需求造成的产线扩张；
- 质量等记录以纸质记录为主，难以实现质量追溯；
- 经验数据无法有效积累，指导未来持续改善；
- 效率损失是一笔糊涂帐，无法形成有针对性的解决方案；

- 设备状态及维护情况没有记录，异常停机频发。

工厂认识到，一方面需要通过系统性的工作，优化工厂布局。通过对布局的挑战，节约 22% 的生产空间。

另一方面，必须实现运营方式的转变，下定决心实施变革，对产线进行改造，上马精益数字化系统，实现精益思维下的数字化运营。为了实现数字化精益运营，实施了包括计划与排程、工艺与作业规范、生产执行与追溯、及时绩效与响应、过程质量管理、电子物料看板、设备数据采集等功能的精益数字化系统。

通过三个产线优化及三个月的数字化系统实施，实现了效率从 65% 提升至 80%，生产周期从 78 小时降低 18 小时，仓库效率提升了 25%。不仅如此。透明化的改造为企业持续改善形成了良好的土壤和企业文化，突破了原有瓶颈的束缚，至今，已经连续 12 年实现了每年超 10% 的生产率提升。

3.5 细化应用场景三：生产过程质量追溯

应用场景描述

数据是一个企业的核心，在电子信息产品生产加工过程中会产生很多数据，包括生产数据，销售数据，物料来源等不同类型数据。这些数据随着企业生产不断累积，变得臃肿而庞大。如果利用好这些数据就可以更好的为生产服务。

生产过程质量追溯聚焦数据，基于工业互联网技术，实现对整个产品生命周期的所有数据的采集，通过构建生产质量模型进行实时分析，实现异常品快速响应和全过程品质监控。挖掘企业生产全过程中影响产品质量的关联因素，发现潜在质量问题，消除质量管理环节中存在的漏洞，提前进行预警及解决。

生产过程质量追溯收集的数据包括供应商物料数据、生产流程数据、生产制程参数、生产搬送历史数据、物料使用情况数据、仓库在库信息数据以及产品销售信息等数据，从所有的可以接触的维度，直接记录产品的生产流程，基于数据整合与分析，实现全生产过程质量追溯。

应用场景的实施架构

生产过程品质追溯是采集整个生产制造过程的实时数据，实现生产全过程实时质量监控。通过整合各个系统的信息记录和工业物联终端采集的数据，从来料

信息，来料投入，制程机台参数信息，产品流向信息，产品出货信息等各个维度对产品进行监控和全过程记录，并通过质量分析模型与预测模型进行实时分析，实现全过程品质可追溯。

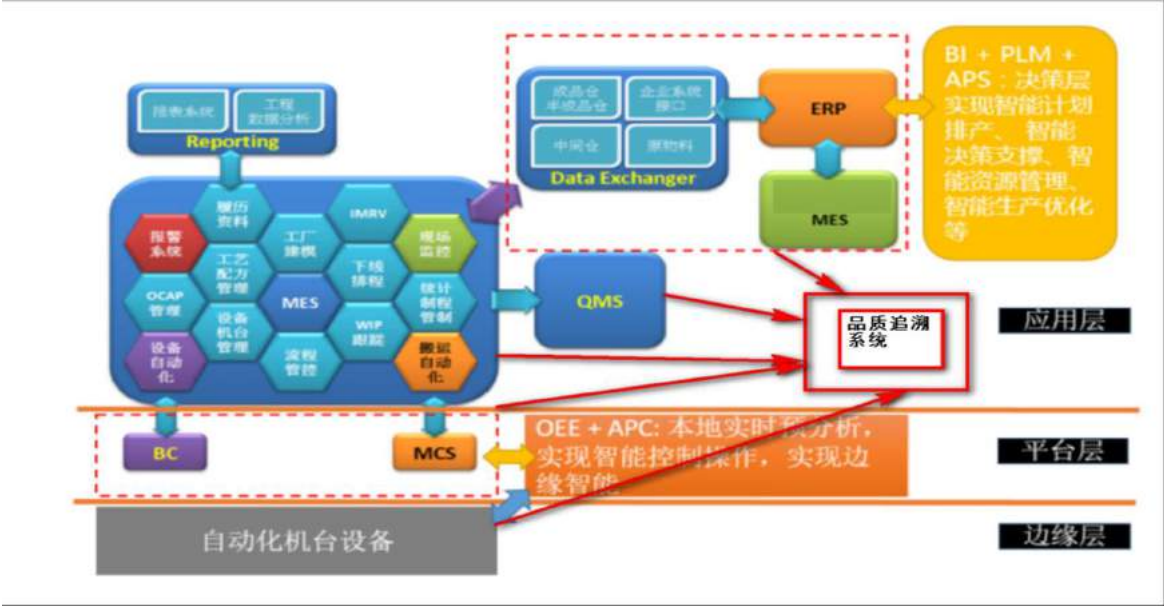


图 3-7 生产质量追溯实施架构

如图 3-7 是所有的记录生产流程中生产数据的相关系统和设备，在全过程品质追溯中，通过集成或采集 QMS（质量管控系统）、仓储系统、MES 系统、底层设备、搬送设备等系统和设备所有与生产相关的数据，通过对全生产过程数据的处理与模型分析，实现生产全过程品质监控以及质量问题的实时处理。

实施案例

中国电子集团某液晶面板企业随着公司业务的增长和生产技术的升级，产品质量问题越来越多，异常品处理也越来越频繁，原有的产品追溯查询及处理流程已经不能适应当前客户的需求，急需一套完善的品质追溯系统及时解决规避产品质量问题。

如下为中国电子下属企业中国信安为该企业实施的全流程品质追溯系统的案例。

通过工业互联网相关技术，实现对车间制程设备、检测设备和搬送设备的数据采集，同时在数据处理层通过对应用系统的数据集成，串联各个系统各个生产车间的数据，包括生产前段的 FAB MES（在洁净室中的生产数据）数据、MOD MES（在模组厂的生产数据）数据、Report（报表）数据、OEE（全局设备效率）数

据、WCS 中的在库和销售等数据。在整合上述全生产过程数据的基础上，依托液晶面板行业的相关知识，建立质量分析相关模型，实现对产品生产全过程的质量分析与预测，支撑应用服务层的相关应用来解决该企业产品的生产质量追溯问题。

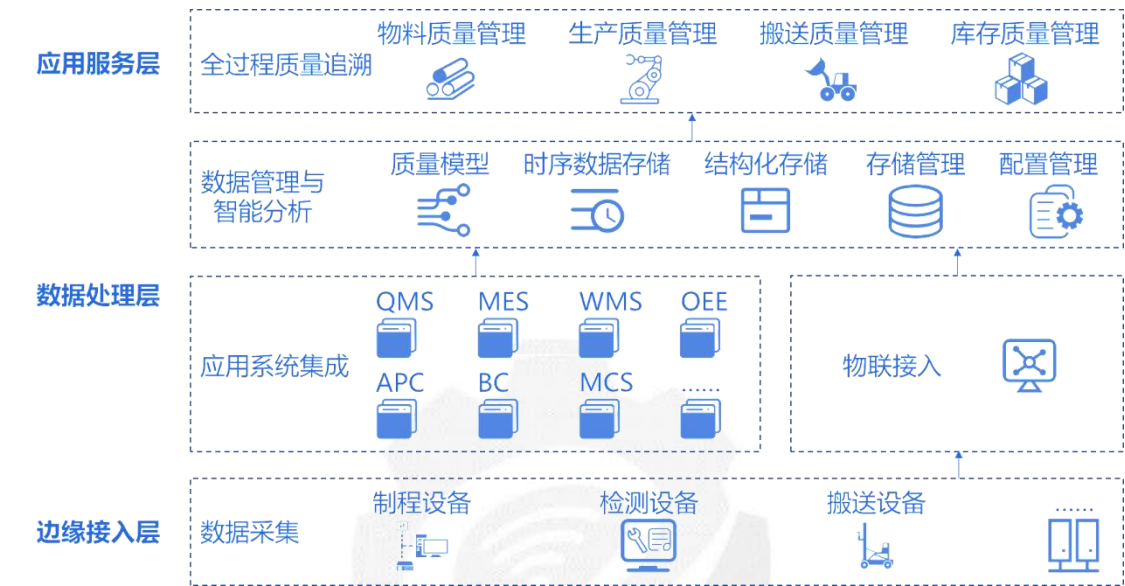


图 3-8 中国电子下属液晶面板企业生产质量追溯案例实施架构

该案例实施的重点在于“全过程”管理，通过工业互联网相关技术记录与监控产品生产过程中的所有数据，是实现实时监控，实时响应，实时管控的基础条件。通过实施全过程品质追溯，帮助该企业梳理了作业流程，改善了作业模式，避免了作业的疏漏与问题，实现产品高效安全生产。

实施全过程品质追溯后，达到了以下效果：

- 品质异常快速反应，由 1-7 天缩短为 1-4 个小时
- 品质异常处理接口统一化，所有跟品质相关的异常处理都在品质追溯应用上处理，方便人员操作
- 提升公司产品品质以及公司效益，通过实施全过程品质追溯，加快异常处理，降低公司产品质量异常率，减少了质量异常导致的损失
- 通过实施全过程品质追溯，能够快速定位异常品分布，通过追回或者降级处理等措施，减少用户的损失，提升该生产企业的信誉。

3.6 细化应用场景四：生产质量智能管理

应用场景描述

表面贴装技术是电子信息制造中使用最为普遍的组装工艺，具有组装密度高、重量轻、可靠性高、高频特性好及易于实现连续化自动生产等优点，同时表

面贴装特性决定了如果某一环节出现问题，将造成整批在制品的报废。据统计，表面贴装工序造成的不良占产品质量 60-70%。因此需要实时、灵敏地监控关键生产参数并定位出错位置，给予正确的报警提示信息。同时，对部分重要参数进行自动回控调整。

表面贴装技术使用印刷机、贴片机、回流炉等自动化设备，基本都采用工控机进行控制。但由于设备厂商数据接口和格式各不相同，设备信息不能集中共享，形成很多“信息孤岛”，无法实现统一数据分析及处理。

应用场景的实施架构

按层次划分，实施架构主要包含 3 个方面：现场设备层、内部质量管理层、外部质量管理层，整体实施可以包含 10 个步骤。

现场设备层：首要对工厂内的生产设备进行联网基于工业以太网、工业总线等工业通信协议，以太网、光纤等通用协议，3G/4G、NB-IOT 等无线协议将工业现场设备接入到数据存储平台。同时对设备和产品进行对象标识：通过扫条码、RFID、以及机器视觉等技术手段，解决待加工产品的唯一标识问题

内部质量管理层：现场质量管理通过对现场人、机、料、法、环五大关键要素数据实时采集，建立产品全流程的生产质量管控体系，从质量大数据预测，质量过程控制，缺陷分析（SPC/CPK）等方面，提升现场质量管理能力，预防产生质量缺陷和防止质量缺陷的重复出现。

外部质量管理层：外部质量管理集中在上游供应商的质量监控，和下游产品在客户质量问题闭环。对供应商质量管理方面，加强 IQC 来料控制，提供统一质量计算服务平台，与供应商质量系统数据对接，从被动检验转变到主动控制，将质量控制前移。

在海量生产质量大数据基础上，通过对关键指标特征多维关联分析，建立产品质量关于相关联特征的分类模型，从而实现产品制造质量预测。同时结合遗传算法和图像智能识别技术，实现工艺流程自主优化、节约制造资源、保证产品质量、提高生产效率、降低制造成本。

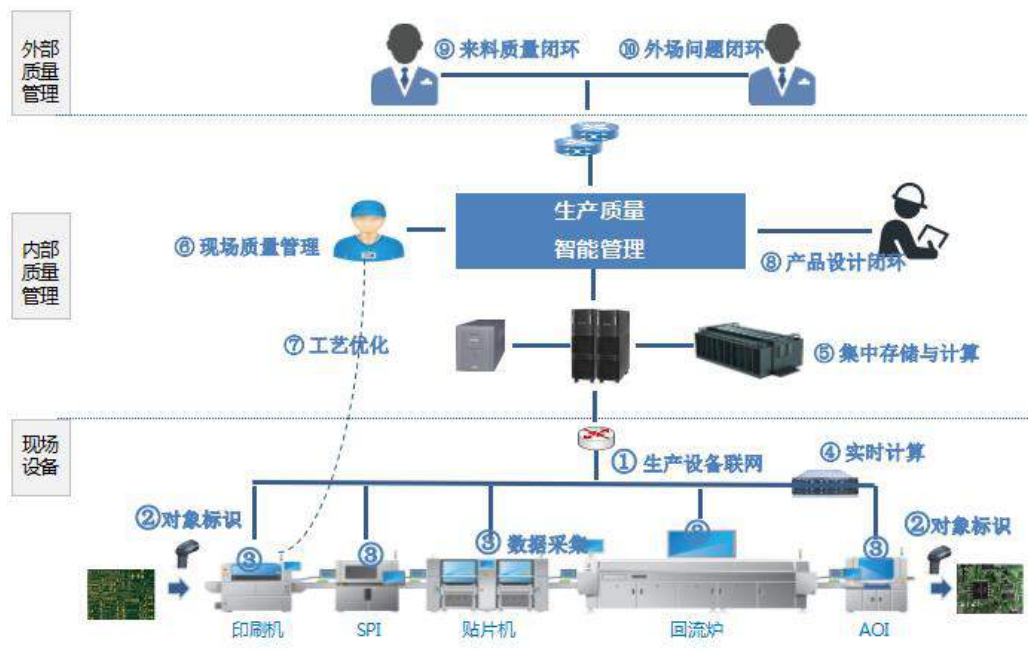


图 3-9 生产质量智能管理实施架构

实施案例

中兴生产质量管理基于中兴自研 DAP 大数据平台上，建立基于生产大数据中心。生产数据层层汇聚到 DAP 集中管理。

采用通用生产流程管控框架，对生产流程、测试流程、维修流程、返修流程等上下工序的移交进行严格控制，严把质量关，做到质量产品“不流出”。

通过机器学习、数据挖掘等技术对历史数据进行分析，构建工艺专家知识库和模型库，实现各生产工序的闭环控制和参数优化。通过关联分析，实时调控生产线关键参数（如设备工艺参数等），对生产过程进行实时监控和主动维护，实现产品质量和效率的提升。

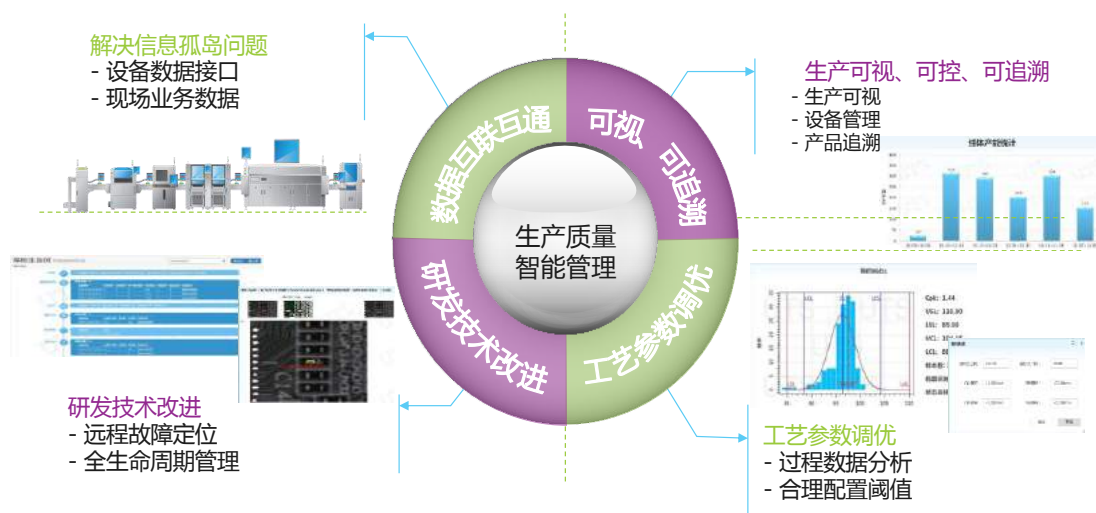


图 3-10 生产质量改进成效

在实际应用方面，中兴通讯机顶盒类终端产品通过导入生产质量智能管理系统，全面覆盖深圳和长沙生产基地以及多家外协生产厂家，自系统上线以来产品早期返还率（ERI）下降 57%，产品的工艺优化时间由 1 月一次降为 1 周一次，现场质量问题和异常定位时间由 1 天降为 1 小时。

4 钢铁行业工业互联网实践

4.1 行业基本情况及生产特点

钢铁制造流程长、工序多，既包括高温、周期不等的化学变化工艺过程（冶炼），又包括高速、负荷瞬变的物理形变工艺过程（轧钢），是典型的混合型制造流程，制造装备种类繁多、工艺过程极为复杂。经过上千年的演变和发展，形成了现代化的制造工艺流程，高度自动化的产线装备，基于大规模、标准化的制造过程管理体系，可以有效发挥装备产能，实现效益最大化并降低成本。

钢铁产品的贸易流通特征主要体现在交易行为的客观理性、供求关系的相对稳定性、产品需求的个性化、延伸加工的多样性、支付方式的复杂性、物流服务的专业性、金融杠杆的依赖性、大额资金收付与大宗实物交割风险防控的严密性以及诚信体系的重要性等方面，钢铁产业互联网的复杂性也因此较消费品互联网更为复杂，发展过程中必然面临更多的瓶颈和难点。如果处理得好，这些难点也将成为钢铁产业互联网企业走向成功的核心竞争力。

自上世纪 90 年代以来，我国钢铁工业取得了长足的进步，体现在先进工艺

装备的基础上，钢铁企业在整体自动化和信息化建设方面投入了大量的资源，积累了非常多的信息资产。尽管面临着产能过剩、结构失衡，能源环境等巨大压力，总体上，在实现企业管理的物流、信息流、资金流同步方面取得了显著的进步，有效的支撑了整体行业制造水平和能力的提升。主要表现在：

- 钢铁生产流程所有主工序装备均实现自动化控制，主要制造工艺实现了基于网络互连的多机组生产过程控制；
- 基本实现了自动化、过程控制、生产控制、制造管理的数据自下而上的贯通，由此实现管控衔接和工序衔接，使制造过程形成整体协同；
- 初步形成了产供销相结合的整体供应链体系，支持集中一贯管理模式，实现按合同组织生产。

上述工作，有效的支撑了一个规模化钢铁企业实现大批量、标准化、成本可控的企业运营。

4.2 行业对工业互联网实施的业务需求

消费者的偏好从注重质量、价格（成本）的二维模式向注重质量、性价比、个性化需求、快速响应的四维模式转变。制造者尚未很好的解决产品质量、产品价值问题，而伴随互联网发展，企业同时面对新的挑战：个性化需求、快速响应服务。

钢铁个性化制造的本质

钢铁制造装备的大型化是高效率、低成本的基础，目前尚无颠覆性的制造工艺创新以改变现状，通过提升制造管理的柔性来适应日益快速变化的用户需求，就显得极为迫切。用户需求个性化的特征是对产品和服务的质量标准、性能、外形、速度的差异化要求，追求亲自参与产品全生命周期过程的用户体验；而对钢铁制造企业而言，则主要体现在钢铁产品多品种、小批量、短工期、交货的灵活性。实现钢铁产品的个性化制造，解决方案就归结为“以大规模、标准化制造的成本来满足多品种、小批量的需求”，在现有工艺装备不发生重大创新的前提下，生产组织呈现出足够的柔性和灵活性；换言之，有必要找到一种方式和手段，能够在“钢铁制造大规模、标准化”固有本质和“小批量、多品种”的新特征之间找到一种平衡，从而既满足用户的需求，又使得制造企业可以获利，在价值链

上公平地共享价值。而这主要是通过“软实力”来实现，除了服务领域的提升之外，最重要的是制造组织管理的智能化，即：通过软的手段来解决上述问题。工业互联网是一个有效的技术手段。

- 基于各种约束条件和未来工况预测做出最优的决策；
- 执行决策的制造系统要足够灵活，通过 IT 配置规则灵活调整工艺制造路径和过程；
- 物流调度环节的高效将是实现敏捷制造的关键，足以弥补制造环节可能的成本上升；
- 智能装备可以预判并相互“直接通信”，从而实时产生应对故障或弥补瑕疵的策略并赢得宝贵时间，降低某个环节异常对其他环节的影响，实现成本的控制。

同时，必须充分认识到：尽管大量新装备的投产使中国钢铁工业的工艺装备水平和产能达到了世界领先，但很多装备还处在“爬坡期”，这些装备还处在产量效益阶段，还没有或正在进入质量效益阶段，提升产品质量，尤其是质量的稳定性还大有空间；提升钢铁制造的基础能力，包括质量标准、检验检测、自动化水平与生产效率、节能环保管理与绿色制造等，尤其是产品质量提升依然是行业现阶段的主要任务。质量、成本、效率依然是目前中国钢铁行业发展、参与全球竞争的基础，资源环境压力是钢铁行业面临的最大约束。

构建工业互联网以应对个性化制造

在构建企业工业互联和数据系统，以应对个性化需求和快速服务要求时，还有非常多需要不断完善之处。

（1）在工业物联和数据集成层面

- 生产主线设备通过常规仪表进行常规物理量的实时、准确数据采集尚有不足，主要体现在：部分工位和辅助生产线缺少有效的数据采集手段，或不能实时、在线、准确的采集数据；
- 局部物料和产品通过条码、电子标签等技术手段进行标识、识别和跟踪，但系统性、规范性不够；
- 厂内库区存放、出厂阶段的物料跟踪粗放、实时性差。

- 从工厂整体来看，数据自下而上按照漏斗方式进行处理和传输，基本打通管理数据链，但生产过程数据和设备状态数据仍然封闭在各专业系统中，不能实现数据的自由流动和共享，影响整体数据服务和大数据应用水平。

（2）在数据应用方面

- 作为现场装备控制的核心，冶金模型大多采用机理或经验模型，在应对高品质产品制造、多品种生产组织等方面，适应性和灵活性都显得不足，还有极大的优化空间；
- 在工厂级生产控制、制造管理中，具有自适应、自学习功能的智能决策模型鲜有应用，主要还是依托人的经验实现生产计划的制定和生产的组织，更谈不上规模化的质量在线判定、设备状态预测、高级优化排产、实时成本盈利预测等；
- 在数据分析和挖掘方面，建设了多层次数据仓库，支持经营管理分析、制造管理分析，但钢铁制造过程中产生的海量细粒度数据大部分沉淀在现场，逐步灭失，尚未从全局整合数据资源加以利用，更谈不上大数据应用。

鉴于上述现状，以工业互联网实施为抓手，实现一种快速提供承载个性化功能的高品质产品和服务的制造模式，建设“有智商的工厂”，是钢铁企业应对上述挑战的必然选择。

4.3 细化应用场景一：现场数据采集与边缘计算

应用场景描述

通常，制造企业都拥有多个、不同时期投入、不同 IT 公司提供的独立开发的软件系统，这些软件都有自己独特的理念、青睐的供方以及专门的系统；除了技术的限制外，为了不影响在线系统运营，最简单的办法是：在多个低层级系统之上（或多个系统之外）构筑一个新系统，将所有低层级系统的数据按照既定的需求处理后上传，以实现数据共享并开发跨系统的应用功能，由此造就了系统层次不断增多，架构复杂。

（1）现场数据接入现状

当前以钢铁企业为代表的冶金自动化领域，其控制系统 95%以上为国外品牌，以西门子、罗克韦尔为代表的各大厂商为主。

传统的多级多层网络架构，通过不同网段、不同层次采用网卡进行物理隔离，特别是采取一些专用的协议标准，以达到安全的目的，这除了技术的局限，更来自于传统的设计理念，导致相互隔离、封闭、标准林立（IEC 标准有 20 多种，使用超过 40 种），无法实现各系统之间充分数据流动和共享。

根据现场实际系统现状分析，需要接入区域数据服务器的数据来源如下（但不限于此）：

- 直接来自 PLC/DCS 等控制装置的数据是最主要的数据来源，实现对现场装备和制造过程常规物理量的实时检测和状态监控，包括：流量、压力、温度等；
- 特殊仪表数据采集，包括：质谱分析仪、表面检测仪等；
- Text log 或个性化电文；
- 关系型数据库（L2）：对来自过程控制系统，管理信息系统数据库的数据采集；
- 网关数据采集（ICG 等）；
- PDA 数据采集；
- 特殊 TCP/IP 协议编程数据采集；
- I/O Server 数据采集等。

（2）现场数据向上递级传输现状

在开发和运行信息系统时，需要花费大量时间和精力去处理、传达和交换信息，非常低效，是由技术和管理双重因素所致。现状是：

- 数据逐级上传，以满足上层管理和决策需求；
- 数据都是根据既定目标进行处理和选择后进行传输的；
- 大量元数据的属性价值被过滤而不复存在；
- 同级或周边系统无法直接分享数据，需要经过上位系统周转；
- 上位系统基于数据的决策以非实时的方式逐级下达并执行。

应用场景的实施架构

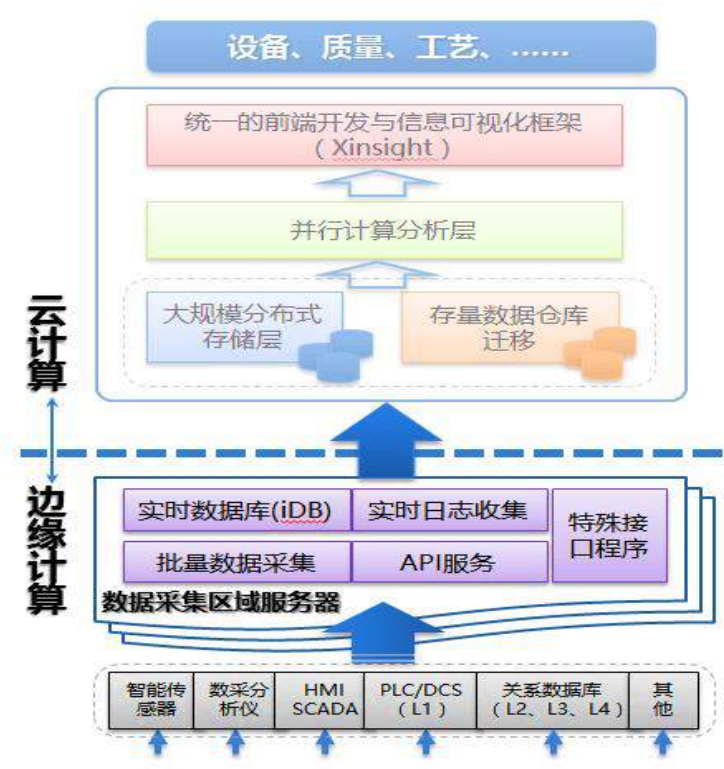


图 4-1 工业现场多源异构数据采集与边缘计算实施架构

(1) 现场数据采集

要兼顾两个重要的方面：

一是企业大数据要在云端形成相对完整、准确的数据存储，以便有可能运用完整的多源数据，发掘新的增值应用或解决传统数据应用中由于样本数据单一所解决不了的问题；

二是要兼顾计算和网络资源以及数据传输的有效性等，形成云端和边缘计算资源的合理和优化配置，即保留数据的原始属性，又避免无谓的资源开销。

(2) 网络边缘互联互通

在现场级和车间级，主要实现底层设备横向互联以及与上层系统纵向互通的连接。

- 对现有基础自动化系统的通信方式进行改造，如以工业以太网代替现场总线；
- 现有工业装备或装置，如机床、产线等，增加网络接口；
- 对现有工业装置或装备附加传感器、执行器等增加与外部的信息交互；

- 对在制品通过内嵌通信模块或附加标签的方式，增加与工业系统的信息交互功能；
- 部署边缘计算节点，汇聚生产现场数据及来自工业控制系统如 PLC、历史数据库的数据、过程控制系统的数据，并进行数据的边缘处理。

相比传统的现场总线，工业实时以太网更加开放、便于集成，使用便捷，成本较低，具有明显的经济技术优势，因而工业实时以太网在工业控制领域越来越得到广泛的使用，是未来更适应智能制造的控制系统的网络首选。

OPC UA 作为工厂设备互联未来的首选。在工厂内部，对于新上线的设备和系统（包括工厂云平台），可首选采用 OPC-UA；以支持采用不同设备的厂商的设备和系统接入，以实现系统之间、机器之间的互联和信息交互，OPC UA 技术的广泛适用性使全新的垂直集成理念能够完全实施。

（3）区域数据服务系统

在接近现场，配置数据采集区域服务器资源，完成下列任务：

- 对来自现场的多源、异构数据的归一化处理；
- 向大数据平台进行数据传输的标准化资源配置；
- 利用边缘计算资源对数据预处理功能的标准化。

制造工序的所有数据均由本区域配置的数据服务器统一汇聚处理，从而可以在区域确保数据的时空一致性、确保数据基础模型的一致性。

首先按照厂部配置，如果一个厂部范围由于产线多、数据复杂等因素，单台服务器无法满足，可按照相同标准配置第二台，数据接入可按照产线（工序）来划分，原则是：同一产线的相关数据接入同一台服务器，以便数据模型的管理。

实施案例：宝钢股份钢厂热轧试点示范项目应用

宝钢股份钢厂智能车间项目是 2015 年工信部试点示范项目中首个钢铁行业示范项目。自 2015 年正式启动，进行了大量的策划工作，除了规划完成的各项应用功能外，数据的采集和边缘计算资源配置是一项具有探索意义的工作，由此，解决了企业数据系统构建过程中诸多技术问题，形成了若干数据采集、接入、传输的标准和规范，探索了边缘服务器资源设置的若干规则，为宝钢大数据平台规模化建设打下了坚实的基础。

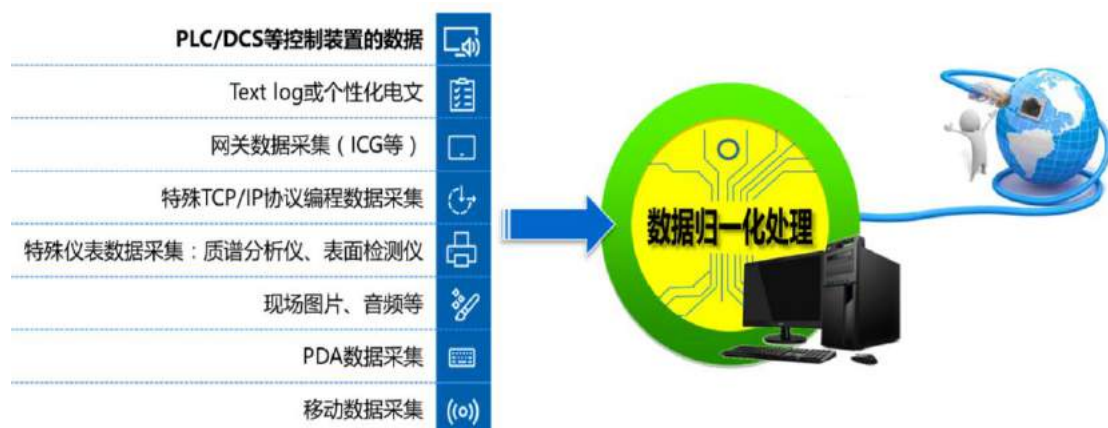


图 4-2 宝钢股份热轧智能车间项目现场多源异构数据采集与边缘端归一化处理

(1) 工业现场数据采集与接入

- 各类 PLC 系统中时序数据采集：通过工业网关 ICG 连接进行协议转换，适用于特殊的协议，如：电力 104 协议，MODBUS 协议，再通过 ICG 提供的 OPC 传送到边缘服务器的实时数据库；
- 采用数据库抽取方式从 L2 数据库获取数据，传送到边缘服务器的关系数据库；
- I/O Server、PDA&FDAA 的数据通过 OPC 接入数据到实时数据库；
- 对于某些需要高速实时采集或难以通过配置实现数据采集的场合，编写 tcp/ip 通信接口电文程序实现；
- 特殊仪表的数据采集，需要编写 tcp/ip 通信接口电文程序；
- 图像、声音、视频以 ftp 文件方式传输。

(2) 区域数据服务系统构成

边缘计算服务器对硬件没有特别的要求，主要根据区域数据处理和功能进行设计和配置，尽可能采用相同的标准配置所有区域的数据服务器，包括硬件、软件和功能，从而降低个性化开发的成本，便于扩展和维护。数据中包括了非结构化数据，在网络带宽要予以保证；信息安全是一个特别要予以考虑的问题。

区域数据服务器的软件环境配置是重点，其核心是高性能的实时数据库；商用的大型实时数据库代价极高，可采用自主开发的高性能实时数据库 iHyperDB，现场所有时序数据，通过配置建立好连接方式及存储参数后，所有选定的实时数据会自动传输至实时数据库中并作为原始数据存储。实时数据库可以根据数据变

化的规律选择按时间周期存储和按事件方式处理数据，配合客户端的过滤技术，整个实时数据库应达到千万条记录/秒的极高存储能力，确保本工业现场接入对数据的响应要求。

数据处理、匹配、管理采用批处理软件，如：iBatchCube，可以将现场原始数据根据业务规则形成与生产相关的批次数据，并提供全面的批次管理和清晰的过程可视化功能，在此基础上，将批次数据通过不同的接口发布给相关的应用系统，为后续数据分析和挖掘提供基础。关系型数据采用开放式关系型数据库，如 MYSQL 等，进行数据存储；配置 ETL 引擎，以便从过程计算机（L2）关系数据库表中推送数据到大数据平台。基于 TCP/IP 的 SOCKET 通信采用 iXComPCS，主要用于和相关 L1 及 L2 的数据通信。在某些应用场景，需要对区域内制造过程与装备的状态实时监控，本服务器可兼做 I/O 服务器，则需要配置 SCADA 软件，如：iCV 等。

（5） 数据服务功能构成

利用区域数据服务器的边缘计算能力和软件工具，对汇聚于服务器节点的所有现场数据进行分类预处理。（如图 4-3）



图 4-3 区域数据服务器的功能定义

实施效果

本项目是首个按照全新的实施架构构筑的数据系统，通过 1580 产线示范项目，所有的技术都获得了验证，所有的功能均得以实现。

宝钢股份大数据平台正在建设完善中，在边缘侧，采用了本项目验证的架构和技术予以实现，所有数据获取均获得了性能上的保证。

本项目不仅支撑了 1580 试点示范项目的执行，也为后续在其他工序进行推广打下了坚实的基础，可以方便的以标准化的形式进行快速的推广和部署实现。

4.4 细化应用场景二：轧机振动监测及抑振技术研究与应用

应用场景描述

（1）问题现状

轧机是一个复杂的机电液耦合的大型系统，其动力学状态与各子系统间的耦合作用非常密切，数以千计的结构部件通过机、电、液等相互作用耦合，在带钢加速和减速过程中，会不可避免地引发一些共振条件，导致系统产生大的振动。

由于轧机机组设备的不同或者生产钢种、生产工艺的不同，因此各机组轧机振动特性也会有所不同，引起轧机垂直振动的原因有多种，凡是能对轧机系统造成冲击或引起作用力变化的因素都可能导致轧机振动的发生，如：乳化液状态、传动系统、辊系状态、压下系统及张力等，以及相互之间的耦合作用，所以，轧机振动是制约机组产能及产品表面质量的一大现场难题。

国内外不少学者、国外知名公司都从不同角度去研究轧机振动的技术和产品，但效果不尽人意。

（2）解决问题的迫切性

冷连轧机高速轧制过程中普遍存在和期待解决的问题，也是世界范围内困扰各大钢铁企业的技术难题。根据生产经验，通常轧制速度越高、材质强度越高、带钢厚度越薄，轧机越容易发生振动。轧机振动会给生产带来许多问题，包括：

- 产生振动纹缺陷，影响带钢表面质量，或造成带钢厚度波动；
- 振动导致设备磨损加快、辊耗增加，影响设备使用寿命；
- 振动严重时甚至造成断带堆钢，造成轧机停机、换辊；
- 影响轧机生产效率，限制产能发挥，成本上升。

应用场景的实施架构

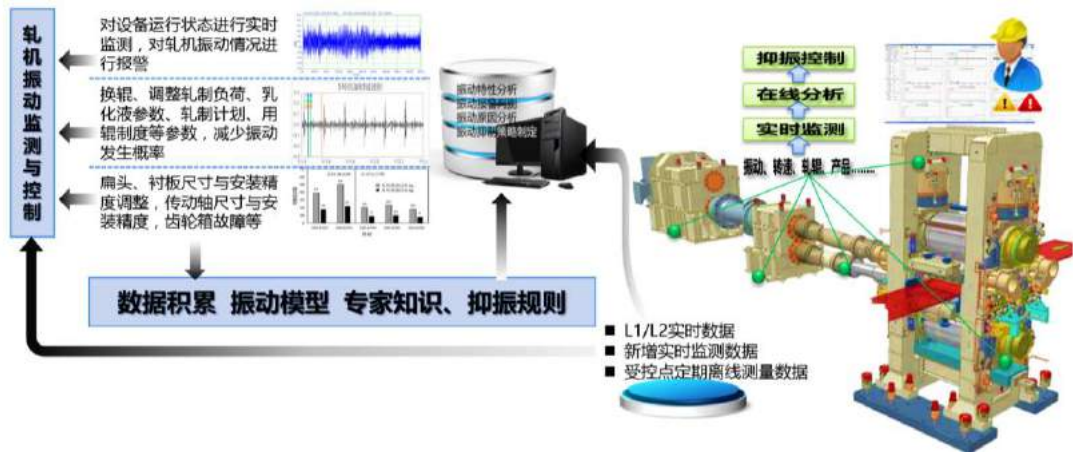


图 4-4 轧机振动控制系统功能示意图

解决上述问题的行之有效方法是：实时监测轧机各机架振动和轧辊转速情况，对振动信号进行实时分析处理，预判轧机运行状态并及时给出抑振控制策略。

(1) 轧机振动数据采集与监测

首先通过加装加速度传感器采集轧机振动信号，同时直接采集轧机主电机的转速、剪切信号等，送到边缘服务器对数据进行处理、计算、分析、存储与报警判断等，从而实现轧机振动的监测与报警功能；并计算出轧制距离、机架线速度、带钢累计轧制距离等，从 L2 系统获取钢卷信息和轧辊信息等，当轧辊信息更新时，可保证系统能及时获取到最新的轧辊信息。

(2) 轧机振动数据分析与抑振控制

当轧机机架表现出共振趋势或振动级别超过一定程度时，则及时预警，提醒操作人员，并给出相应的参考控制策略，向轧机控制系统发送控制命令来拟制振动，从而有效抑制轧机振动危害；这些措施将从一定程度上消除振动源并显著降低轧机振动发生的频次，从而解开了束缚轧机产能发挥的瓶颈，有利于生产提速。同时通过其量化的监测结果，可以有效避免传统人工主观判断所存在的漏判错判现象，避免缺陷产品流入到下道工序或用户；此外，根据所监测到的振动波形特征，可以分析振动原因并采取调整设备机械、工艺、电气等方面的措施，再结合轧机振动的实时监测结果来验证消除振动措施的效果。

轧机振动与抑振应用功能设计

(1) 轧机振动特性分析

对所监测到的轧机振动数据进行分析整理,研究该轧机的振动发生规律特点,分析查找可能存在的影响因素,如辊缝润滑状态、机械设备缺陷、外部传递、设备间隙、轧辊磨削质量等因素。

借助于本轧机振动监测系统持续的在线监测结果和历史数据存储及回放功能,可以方便的对现场的轧机振动情况进行跟踪,对现场振动数据进行分析统计,通过对振动数据的统计分析,可以找出机组的主要振动特性:包括振动发生的机架位置、伴随振动形态、振动频率分布区间、振动最常发生频率等。

通过分析,发现如下振动规律:易引发振动的因素包括:在制带钢厚度、轧制变形量、以及工作辊辊面磨损程度等。

(2) 轧机振动报警判别技术

报警线需要参考大量的历史数据加以设定,不合理的设定会造成系统误报或其他异常情况出现。一般来讲,随着轧机速度的增加,所监测到的无序杂乱振动信号幅度也会增大,其表现为轧机的整体振动能量会有所增加,其容易发生共振的频率也会由于转速的增加也会有所增加,因此在设计振动报警模型时,通常需要考虑速度的影响。

(3) 轧机振动原因分析技术

导致轧机发生振动的原因有多种,针对各种原因所要采取的抑振措施都有所不同,如何根据所监测到的轧机振动结果来判断是什么方面的因素导致的振动较为关键。

通过数据,实现对导致轧机发生振动的原因追踪分析是极其重要的,包括:润滑状态引起的振动、辊系故障引起的振动、来料问题引起的振动、其他因素引起的振动等。

(4) 振动抑制策略制定

结合轧机振动情况分析结果和现场实际生产工艺参数,初步判定引起轧机振动的主要因素,并通过采取生产工艺参数调整、乳化液参数调整、设备间隙调整、轧制负荷分配调整等手段来验证其对消除轧机振动的效果。

实施效果

本系统上线后,借助高灵敏度传感器,能够清晰准确的测量轧机振动,并在

轧机振动程度较轻时就提前发出振动报警，使操作工可以在振动发生初期即进行处置，避免了由于环境嘈杂对故障判定的滞后和依赖人工经验判定而导致误判和漏判的不确定性。系统正式投入运行后数据表明：该机组的月平均振动次数下降了约 50%左右，并产生如下的效果：

- 依据轧机状态适时、适当调整轧制速度，充分发挥轧机产能；
- 避免或减轻振动纹缺陷，大大降低对产品表面质量的影响；
- 比对历史数据中缺陷信息与振动监测数据，可以将振动信息与缺陷信息对应起来，对振动纹缺陷做量化评价；
- 对轧机辊系状态进行实时监测，通过对关联数据的自相关性计算，实现辊系故障的自动判断；
- 数据回放系统可以有利于相关产品缺陷信息的回溯。

4.5 细化应用场景三：实施集成客户的制造工程

应用场景描述：钢铁供应链上下游协同现状

随着世界贸易和经济一体化的不断发展，全球市场竞争日趋激烈，企业与企业之间的竞争已经发展为供应链与供应链之间的竞争与合作，各大钢铁企业纷纷探索尝试在供应链领域与上下游企业展开了多种形式的业务协同，建立战略合作关系，发展利益共同体，以期在日益严峻的市场竞争压力下争取生存和盈利的机会。

但是，多数还仅停留在电子商务业务方面，各类客户通过在上游企业（多为钢铁企业）提供的平台上，订购期货或者现货，再根据生产需求和生产组织方式进行委外加工等，较以往传统的销售模式而言，供需之间增加了基于互联网的电子商务交易平台，但在产业链协同上，并没有本质上的变化，上游企业的生产和下游用户的需求链并没有打通，下游企业为了保证生产，需要贸易单位等提前采购保证库存。总体来看，上下游产业在局部方面有强化和升级，但是打通整体产业链方面还存在很大的提升空间。

目前，在企业工业互联网建设方面，呈现出下列情况：

（1）钢企建立了完善的企业内部数据总线，努力打通企业内部数据孤岛；但在与下游客户企业之间的数据传输壁垒仍然存在；

（2）由于信息不对称，导致厂内制造与厂外渠道在供应链协同上存在诸多盲区：厂内制造关注未来品种结构、订货稳定性，重心是集批、瓶颈、小炉次需求，催交订单紧急程度和优化排序；厂外渠道关注订单交付时点的不确定性，紧急催交缺乏保障，技改、年修影响无预判；双方的关注点和中心不同，无论用户计划波动经从渠道加工中心向制造单元传递，还是制造变更经渠道向下传递，均为串行传递方式，沟通协同和风险应对效率低；

（3）订单交付二段式管理，管理系统多，存在信息落地，未实现全程信息实时共享、可视；订单交付模式单一，全程供应链周期超长，渠道库存超高，市场响应速度及供应链抗风险能力弱化；

（4）迫切需要建立企业间的数据交换标准与规范，真正实现基于工业互联网的跨业务界面、跨信息系统的基础代码定义及转换的标准化，支撑全程供应链业务流程、管理职责的标准化，以及全程供应链分段目标周期标准化、断点管理标准化，实现集成客户的制造工程。

供应链上下游协同商业模式创新

以智慧制造的理念和方法推进供应链协同，研究以用户为中心，基于全程供应链协同模式，实施“按需求拉动组织生产”，提高交付精度、缩短交货周期、降低供应链库存，实现低库存成本、低资金占用、高效率响应、稳定可靠的供货保障协同解决方案，巩固并不断提升在供应链安全性和保障性方面的竞争优势。

作为多个行业工业原材料的重要提供商，钢铁企业正在或者已经在与多个下游战略客户实现基于价值共享的横向集成，这一举措凸显出商业模式上的巨大创新，形成了基于工业互联的集成客户制造工程。

随着工业互联网技术的发展，钢企已具备促进最终用户企业与钢企业生产直接对接，转变传统的以产定销的模式为以销定产，实现即时生产，提高钢铁产业链的整体协同制造效率的基础条件。

应用场景的实施架构

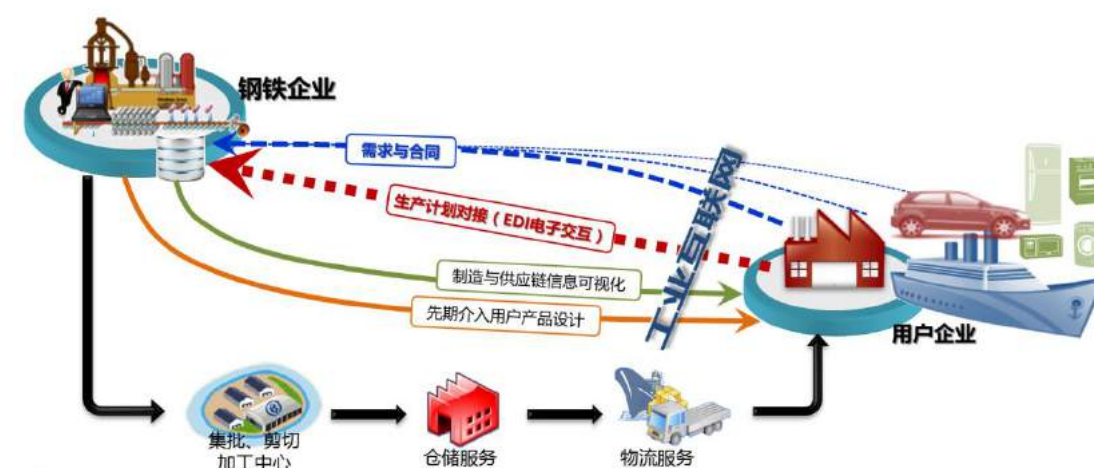


图 4-5 钢铁与下游客户企业供应链协同系统

需求与目标

通过 EVI 介入下游用户的早期研发阶段，充分了解用户对产品的要求，便于上游产业先行研发相关产品，从而为用户提供更高产品和提供差异化的个性化服务。

利用 EDI 技术，实现企业间数据实时的、高效的、安全的在线交互，通过 EDI 技术在汽车、造船、家电等行业的应用，形成钢铁产业链在下游客户行业的 EDI 标准。

建立以敏捷制造、虚拟制造、网络数据交换为基础的协同制造平台，使供应链上下游的企业和合作伙伴共享客户、设计、生产经营信息，从而最大限度地缩短生产周期，快速响应客户需求，降低供应链库存；提高设计、生产的柔性，提高产品设计水平；降低生产经营成本，提高质量，提高客户满意度。

- 重点客户实行全程周期管理，分段标准周期精细化，覆盖对订货、制造、发货、在途、仓储及加工配送全过程；
- 对供应链库存动态监控和多级预警响应，通过移动互联将供应链库存变化和多级预警及应对建议智能推送至相关方；
- 打破传统客户按月订交货模式，按客户需求进行拉动式订货管理；
- 通过提前了解客户连续生产计划及后续用钢需求，结合厂内生产组织优化限制，合理安排订单集批节奏；
- 在厂内按周交货精度保障、全程库存/周期管控的前提下，实现供应链全

程低库存、短周期、高效率的滚动供货和快速响应，保证用户供料。

系统关键技术

实现定制配送的基础是实现钢企与下游企业之间数据通信与数据传输标准的统一。利用 EDI 数据集成技术、高级计划排程技术、智能化数据采集与物联网传输以及移动应用技术，实现用户需求向钢企生产系统的对接，以及钢企生产订单兑现的进程及时反馈给用户。关键技术点包括：

- 基于制造云平台技术，设计和构建多层次、跨平台大规模异构计算机协同制造系统；
- 研发供应链计划的协同技术，实现钢厂与下游战略客户企业间订单、质量设计、材料设计、生产计划、物流信息的贯通对接，以客户需求计划直接驱动钢铁企业制造、物流过程；
- 利用 AI 技术，形成高级智能排产、组批、剪切模型，提高材料使用效率；
- 广泛采用标识自动化配置和识别技术，实现物料配送与产品的定位、跟踪、控制等功能，并实现精准物流调度和配送；
- 电子质保书管理：钢厂生产产品的认证体系数据、钢厂与用户间的数据互联互通，通过机密机制实现用户自助式对产品质保书的打印，规范钢厂与用户的产品编码体系，实现产品全生命周期追踪。

集成客户的制造工程实施案例

（1）钢企与下游汽车整车厂供应链协同

这一商业模式创新的经典案例来自宝钢与下游汽车整车企业的全程供应链协同，贯通业务流程及系统流程，其中双方生产计划的自动对接和协同是核心，基于宝钢制造单元内部按周交货、合同全程跟踪管理，以及渠道公司、汽车板销售部服务客户、预测需求、组织订货、断点及库存管理的能力，实现汽车用户进行需求拉动及全程周期管理，从而实现分散业务链的高效集成和快速互动响应，制造到客户端的全程供应链合同按需交付，全供应链周期压缩与库存降低，全供应链信息实时共享、可视。

（2）EVI 早期介入

通过开展 EVI 项目，钢厂与下游用户零距离接触，尽早明确用户的个性化消

费需求，再根据需求研发，用技术生产个性化产品，避免产品和市场需求之间可能存在的脱节，摆脱同质化产品的恶性竞争，将营销真正有效结合到产品研发中去，有助于实现上下游企业共赢。

- EVI 项目涉及 EVI 基本信息管理、程序启动管理、车身设计管理、模具开发管理、车型投放管理、批量生产阶段管理。
- 实现 EVI 信息及时传送，当下游相关产品相关设计信息、生产计划等信息发生变化时，及时传送到上游企业中。
- EVI 技术支持库：包括建立钢铁行业供应链各环节的新材料、新技术知识库；结构轻量化支持；建立安全性知识库；耐磨知识库支持。

（3） 智能订货预测

包括产品设计协同、生产计划协同和需求自动预测生成。

- 产品设计协同：跟踪管理汽车及家电大客户的所有产品信息，按照客户管理模式建立产品信息库，以及建立相应的零部件清单模块的基础数据库，通过产品设计协同，建立汽车车型、家电产品的 BOM 表。
- 生产计划协同：对汽车及家电用户不同时期发布的产量计划按版本进行管理。依据用户来年的生产状况，建立每个汽车及家电厂的年度产量计划档案；月度订货阶段，比较年度计划以及最新计划之间的差异生成钢材的采购规模和采购结构；根据用户月度实际产量制定钢材库存计划；对用户新产品的量产计划，意味着钢材采购的增量，提前做好供货的各项准备。
- 需求自动预测：对于实施供应商管理库存的钢铁生产企业，实现对其客户月度用钢需求量的准确预测，以及保证较高的实际订货满足率，是保证客户正常稳定生产的首要条件。为此，需要建立高效可靠的用钢量需求预测模型，并结合客户定期发布的生产计划，得出最终的预测结果。然后根据结果进行企业生产计划的编排和对理论订货量等的计算。

（4） 智能配送

实现钢厂交付原卷到加工配送中心，并按照客户的拉动计划自动生物流配送计划，并可实现各个关键业务节点的全过程监控预警，使物料能够以最合适的时间，最准确的数量交付到客户的制造车间。

- 资源管理：物流商资质管理、运输资源管理、仓储资源管理；
- 车辆调度模型：以月台调度智能排序为目标，针对车辆和仓库量大影响因素，制定最优装车方案，提高仓库货物配送率，缩短装车时间；
- 计划与执行：根据用户生产计划安排、在途材料、现场库存等动态信息，计算用户产品使用计划（即要货计划）；根据要货计划，系统智能配卷，并自动生成第二日发货清单；

（5） 预警处置

- 原料断料预警：实时获取车型所有的库存信息，包括原卷库存和成品库存等，结合车型产量计划，自动计算出断料日期；自动查询其对应的合同进程信息便于进行催货，或推荐出可用于替代的材料信息。
- 成品断料预警：根据用户的要货计划结合目前的成品库存量及物流运输时间，自动测算出成品断料的时间，并进行分级预警，对于发生警报的零件会自动安排加工中心的生产计划进行补料，并实时监控工厂生产情况。

（6） EDI 数据交互

供应链 EDI 功能模块主要包括采购订单模块、采购合同模块、合同变更模块、合同执行状态模块、发票模块、生产状态模块、出厂状态模块、发运信息模块等多个模块。

（7） 移动可视化

- 面向承运商，采用手机移动终端、PDA 扫码器等移动手段，将运输过程进行分阶段、分模块、分角色进行分析，从事后管理向过程管理进行转变，进行大数据收集、分析，并能将跟踪发现运输过程中质量、安全、系统中存在的问题实时快速解决，保障运输过程安全稳定顺行。
- 面向物流计划人员，通过移动智能终端的方式向用户提供便捷的物流（产成品）信息获取窗口，使用户能够减少物流信息获取环节、避免信息流转过程中滞后问题、及时掌握最新物流事件，提升服务战略用户的能力，提高用户满意度

4.6 细化应用场景四：船板定制配送 C2M+JIT 应用

应用场景描述

随着工业互联网技术的发展，钢企已具备促进最终用户企业与钢企业生产直接对接，转变传统的以产定销的模式为以销定产，实现即时生产，提高钢铁产业链的整体协同制造效率的基础条件。

在船板“分段定制配送”过程就是典型的钢企定制化生产的经典案例。船板“分段定制配送”是船厂以精益造船的模式进行设计，船厂提前 2-3 个月将设计规格交给钢厂，钢厂按 Just In Time (JIT) 的方式组织精益生产，采用组板技术进行定制轧制，在船厂计划使用前一周，完成生产并按船号、批次号、分段号堆垛集批，并严格按顺序送达船厂。该设计方式船厂钢材利用率最高，但设计规格由传统的每条船 500 个规格左右上升到 2000 多个规格。

问题现状

船厂处于去产能化过程，个性化的需求不断提高，需要钢厂提供分段配送服务，即按船号、批次号、分段号堆垛集批，按船厂生产进度分段送货，存在大规模生产与小批量多品种定制的矛盾；钢企建立了完善的企业内部数据总线，打通企业内部数据孤岛。但在与外部船企之间的数据传输壁垒如何打破，建立企业间的数据交换标准与规范需要解决；船企需要对自身的订单产品进行全流程跟踪，对钢企产品生产与跟踪系统要求很高。

应用场景实施架构

从客户定制化需求出发，运用云计算、互联网、工业大数据、物联网、移动应用、智能制造等新技术，对钢铁企业进行管理和系统集成创新，构建融合客户、钢厂、加工配送企业、物流企业，面向客户的协同供应链、智慧物流、冶金全流程质量管控等应用系统的制造云平台，构成一个完整的“JIT+C2M 定制化准时制交付钢铁企业全流程协同制造系统”。

架构设计示意图如下：

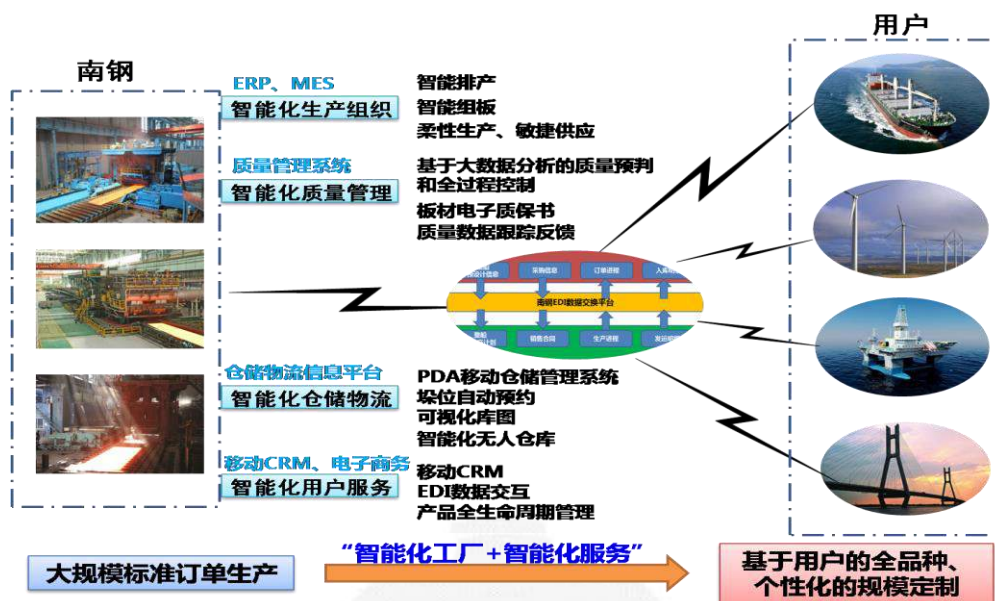


图 4-6 钢铁与下游造船企业供应链协同系统架构

船板定制配送 C2M+JIT 应用系统

系统关键技术点：实现定制配送的基础是实现钢企与船厂的数据通信与数据传输标准的统一。利用 EDI 数据集成技术、高级计划排程技术、智能化数据采集与物联网络传输以及移动应用技术，实现用户需求向钢企生产系统的对接，以及钢企生产订单兑现的进程及时反馈给用户。关键技术点包括：基于制造云平台技术，设计和构建多层次、跨平台大规模异构计算机协同制造系统；研发供应链计划的协同技术，实现钢厂与船厂等大客户间订单、质量设计、材料设计、生产计划、物流信息的贯通对接，以客户需求直接驱动钢铁企业制造、物流等过程，实现了真正意义上客户驱动的供应链协同；利用 AI 技术，形成高级智能排产模型，如：‘一坯多订单组板’、‘马赛克式组板’、‘多排列组板’等综合组板技术，降低了非计划附带，提高了坯料设计效率；生产过程广泛采用二维码、电子标签和移动扫描终端等自动识别技术，实现物料配送与产品的定位、跟踪、控制等功能；基于移动应用技术，构建跨平台的移动应用系统，实现传统业务由 PC 端向移动端的迁移，提高协助效率。

系统功能：本系统包括订单管理、综合生产管理、可视化库存管理、PDA 移动仓储物流管理、电子质保书管理、看板管理以及移动 CRM 管理等。

订单管理：对于分段配送订单，根据业务需求在订单的主档增加“是否定制

配送订单”，以区分板材定制配送和非定制配送订单，便于生产管理；根据用户业务需求，在订单建立的定制配送销售生产管理流程。

综合生产管理：通过高级计划排程，结合‘一坯多订单组板’、‘马赛克式组板’、‘多排列组板’等生产计划排程模型，实现工序的自动优化排产。此外利用产品标识管理功能，实现产品信息的全流程生产跟踪和全流程生产质量控制。

可视化库存管理：建立钢厂仓库全景地图，以地图形式显示全厂板材仓库位置、库存量、库存状态等信息；并可链接到各仓库货场全景。建立货位立体图，提供可视化 3D 模拟存货图，显示板材尺寸、堆放的层次、对应的订单、船号、分段号、交付编号、交付日期、轧制号、生产日期等信息

PDA 移动仓储物流管理：PDA 移动仓储物流管理系统，主要包括权限管理、垛位管理、转库管理、发货管理、接口管理等功能。

电子质保书管理：实现钢厂生产产品的认证体系数据、钢厂与船厂用户间的数据互联互通，通过机密机制实现用户自助式对产品质保书的打印。此外，建立钢厂与船厂用户的产品使用编码规范，实现钢厂对生产产品的全生命周期追踪。

看板管理：以产品分段配送为核心的 JIT 生产模式的看板管理系统，建立看板管理体系：

- 根据各工序标准时间，开发标准工序作业时间标准
- MES 系统接收订单时，生成各工序作业时间
- 分段配送进度跟踪表，整体进度跟踪，工序超期报警，明确原因
- 产品分段配送订单跟踪表
- 生产计划看板
- 生产厂看板
- 配送库仓储看板
- 移动 CRM 管理

按照船板分段配送要求，建立移动 CRM 系统（客户服务为主）。通过系统，客户通过指定的 ID 登陆，可查看本企业在南钢签订的合同情况，及合同的整体生产情况，入库情况，发货情况。

实施效果

通过 PDA 手持终端，辅助现场进行仓库管理，提高入库、倒垛、发货作业效率，信息流与实物流保持一致，仓库管理人员的工作效率得到提高，误差率大大降低，合同兑现率得到进一步提高；通过可视化库存管理，用户可以很直观地查看仓库钢板情况，提高现场管理水平；通过移动 CRM 系统，客户随时随地可通过移动终端（手机、平板等）查看合同的生产、交付情况，并通过移动 CRM 实时与钢企销售专员进行对接反馈，通过互动的不断深入，大大加大了客户与钢企的黏性，逐步提升南钢客户满意度；利用高级计划排程能力发挥钢企产线的生产优势，通过系统的持续优化，大大降低计划附带，提高合同的交付率。

5 高端装备行业工业互联网实践

5.1 行业基本情况及生产特点

高端装备制造行业是我国战略性新兴产业的重要组成部分，是装备制造产业中技术密集度最高的产业，处于产业链的核心部位，属于知识技术密集型、多学科多领域交叉行业，具有很强的竞争力。目前，我国高端装备制造业水平大幅度提升，一批重大装备和技术成果不断涌现，正稳步向自动化、数字化、集成化、网络化和智能化发展。

根据国务院 2010 年出台的《关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》，高端装备制造业主要包括航空产业、卫星及应用产业、轨道交通装备业、海洋工程装备以及智能制造装备五个细分领域。

本报告不用局限于这 5 个行业。我们认为，只要具备技术含量高、生产过程复杂、产品价值高（生命周期长）这 3 个特点，就属于高端装备。

高端装备制造行业，主要有以下特点：

一是产品的技术含量特别高。高端装备的研发设计环节非常复杂，往往会涉及多个专业（甚至数十个专业）、大量的研发人员在线协同，每个专业都有不同的研发设计软件。在产品的设计阶段，不仅要利用许多高精密的设计工具实现功能的设计，还需要模拟实际运行过程中的各种外部条件，对设备进行模拟；同时，还需要结合生产过程中积累起来的质量记录，优化产品的面向生产的设计能力。

二是生产过程特别复杂。虽然属于离散制造，但高端装备制造的生产过程同传统的离散制造却又有很多的不同。高端装备制造动辄会有数千种零部件，无论是在原材料还是在生产工序上，都提出了非常高的要求。一方面，在供应链管理中，既要求尽量采用灵活的零部件管理来降低运营成本，又需要保证交付的速度；另一方面，设备的运维、不同水平人员的调配，都要求生产任务需要根据不同实际情况实时进行调整。

三是产品的价值高、生命周期长。高端装备的产品单价非常高，从数十万到数十亿不等，工业机器人的单价在数十万到数百万之间，发电设备的单价则达到数千万，飞机、卫星的单价则高达数亿、数十亿；产品的寿命很长，一般都超过5年，甚至达到20-30年，或者更长时间。因此，对高端装备提供全生命周期的远程售后维护，非常有意义，不仅可以为高端装备的使用方提供了智能化的产品维护，而且可以为高端装备的生产企业提供新的收入来源。

5.2 行业对工业互联网实施的业务需求

根据高端装备制造行业的特点，对工业互联网实施的业务需求也非常明确，主要是以下3点。

一是在产品的研发设计阶段，实现涉及多专业的高效协同研发。高端装备制造业往往涉及跨专业、跨企业、跨地域的网络化协同制造技术，根据产品研制需求，动态组建项目团队，能够充分发挥企业本身优势，并且最大化地利用协作团队的资源与技术，从而快速高效地研制产品，对于提升制造企业研制能力、提高产品研制质量都具有重要意义。

二是在产品的生产制造阶段，实现复杂生产过程的管理，有效提升产品的生产质量。通过智能制造的技术手段，将新一代信息技术与产品生产的全生命周期活动的各个环节相融合，通过关键生产加工环节智能化、数据传输集成化、泛在网络互联化，实现自主感知制造信息、智能化决策优化生产过程、精准智能执行控制指令等，提升产品生产过程的自动化、智能化水平，提高制造效率、提升产品质量、降低能耗和人工成本。

三是在产品的售后阶段，通过工业大数据的技术应用，进行服务化延伸，提供覆盖高端装备全生命周期的远程智能维护。首先，对产品进行智能化升级，使

产品具有感知自身位置、状态能力，并能通过通信配合智能服务，破除哑产品；然后，企业通过监控实时工况数据与环境数据，基于历史数据进行整合分析，可实时提供设备健康状况评估、故障预警和诊断、维修决策等服务。

5.3 细分应用场景一：社会化协同研发与生产

应用场景描述

高端装备的研发、生产过程非常复杂，产业链条很长。传统的研制模式，是由一个超大型企业集团独立负责整个产品的研制，产品的总体研发设计和总装环节在企业内部进行，仅部分零部件会涉及外协生产。

未来的高端装备研制模式会越来越开放，研发设计和生产装配环节都会和企业外部资源进行高效协同合作。在原来的模式下，只有超大型企业集团才能生产高端装备；而基于工业互联网的社会化大协同，有实力的中型企业也可以高效利用社会资源，研制出高端装备。社会化协同研制的业务场景，主要是两种。一个是跨企业间的协同研发设计，一个是跨企业间的协同生产。跨企业间的协同设计过程，需要统一的软件系统实现产品研发过程中的 BOM 管理、图文档管理、流程管理、电子签名、更改管理、打印管理、阶段控制、机电软一体化设计、系统集成和安全保密管理等服务内容。跨企业间的协同生产，需要统一的软件系统支持多工厂协同业务、设备能力接入、资源能力平台发布，并与企业原有 ERP、MES 系统进行信息集成，进行跨企业间的生产计划管理。

实施案例一：模具行业应用案例

某模具企业面对全球化终端用户，有大量个性化订制需求，研制生产周期长，生产过程涉及全球化外协外购供应链，制造工艺流程复杂，质量要求高，交期紧张。

该企业基于航天云网的 INDICS + CMSS 平台，通过模具云、3C 系统（即 CRP、CMES、CPDM）和公司内 MES、ERP 等系统的集成，实现了设计协同、生产协同和供应链协同。

模具云+CRP：某模具公司采购人员在模具云发布采购需求信息和外协需求信息，并在线上对接供应商，签订合同；CRP 能从模具云接收订单需求，生成采购订单，支撑开展有限产能的计划排程，整体实现线上线下业务闭环管理，增强生

产计划功能，同时打通供应商之间的信息通路，实现信息从客户到企业到供应商的交互。

模具云+CPDM：某模具公司设计人员在模具云发布设计需求信息，对接设计人员，签订外协合同。CPDM 能从模具云接受设计订单需求和设计订单，导入模具设计模型库，并生成订单管理计划。基于 CPDM，设计人员可与外协设计人员实现图文档的共享与沟通，设计工艺的共享与沟通，以及跨企业场景下的协同签审业务，以保持产品结构、BOM 结构的一致性，提高企业与客户、供应商的沟通协调的准确性和效率。

模具云+CMES：模具云+CMES 不仅能实现某模具公司模具加工能力的外协，还能为公司寻找不同模具加工能力的外协供应商。首先某模具公司将设备产线接入 INDICS 平台，则公司的实时产能信息可分享模具云系统，不仅在后台可在线展示公司的总体加工制造能力，还能了解公司的剩余加工能力，支持线上资源的智能匹配，为公司寻找加工服务需求。其次公司外协人员在模具云发布外协加工需求，对接模具加工企业，签订合同。CMES 能从模具云接受外协需求和订单信息，生成外协订单管理计划，并共享订单进度和配送物流信息。

某模具公司内部 APP 与模具云、3C 系统集成，实现了模具设计、生产、供应链协同供需信息的及时对接，交易过程各种信息的共享与及时沟通协调，提升了公司的运营能力和效率。经评估测算，该模具公司的产品研发设计周期和工艺设计周期缩短 30%，设备利用率从 40%提高到 85%，生产计划完成率和准时率提高 35%，资源调配效率提高 50%。



图 5-1 模具云制造运营系统

5.4 细分应用场景二：知识自动化

应用场景描述

高端装备属于复杂工程产品，一般采用系统工程方法组织推进产品研发。随着高端产品/系统的规模和复杂性显著增长，传统系统工程方法已经不能满足需求，基于模型的系统工程方法（MBSE）成为未来工程技术发展的基础趋势。在 MBSE 设计过程中，有相当一部分设计模板、模型、参数可以通过宏编的方式固化成知识点，用于进一步调用生成 APP（知识自动化）。系统工程方法结合国家/行业相关标准、规范及要求，建设适用于不同行业高端产品研制的基于模型的系统工程方法（如图 5-2 所示）。

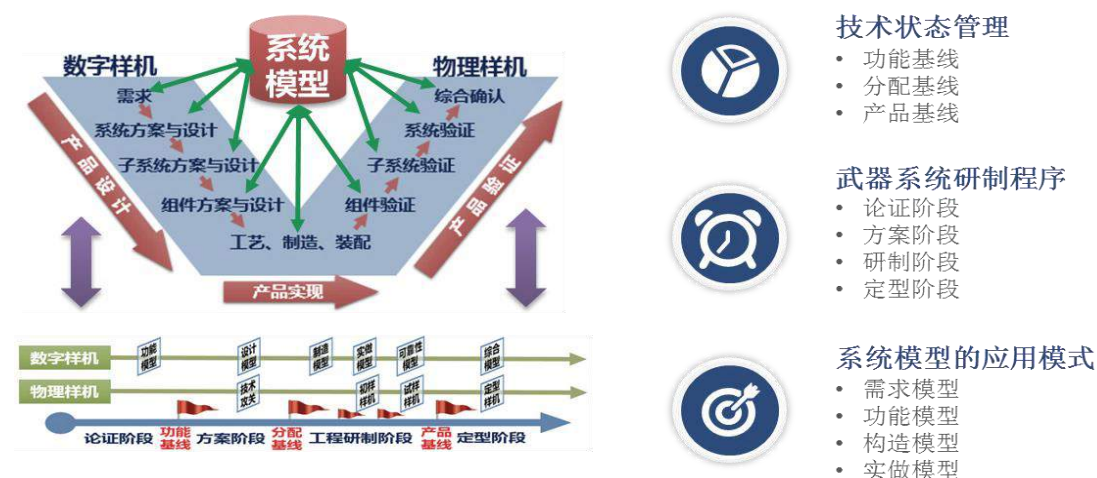


图 5-2 典型军工行业要求的基于模型的系统工程方法

以典型复杂军品为例，依据系统工程方法，对高端产品研发的实施过程进行分解，如图 5-3 所示。一般情况下，军品研制的主责单位为研究院，总体单位为总体部，主要设备配套单位为院内各研究所，元器件、标准件、其它设备配套单位在院外甚至集团外的供应商中选择。典型军品的研发过程可以概括为：以建模和仿真能力为技术核心、以四层级组织开发过程为协同机制、以工业 APP 共享应用为生态环境。

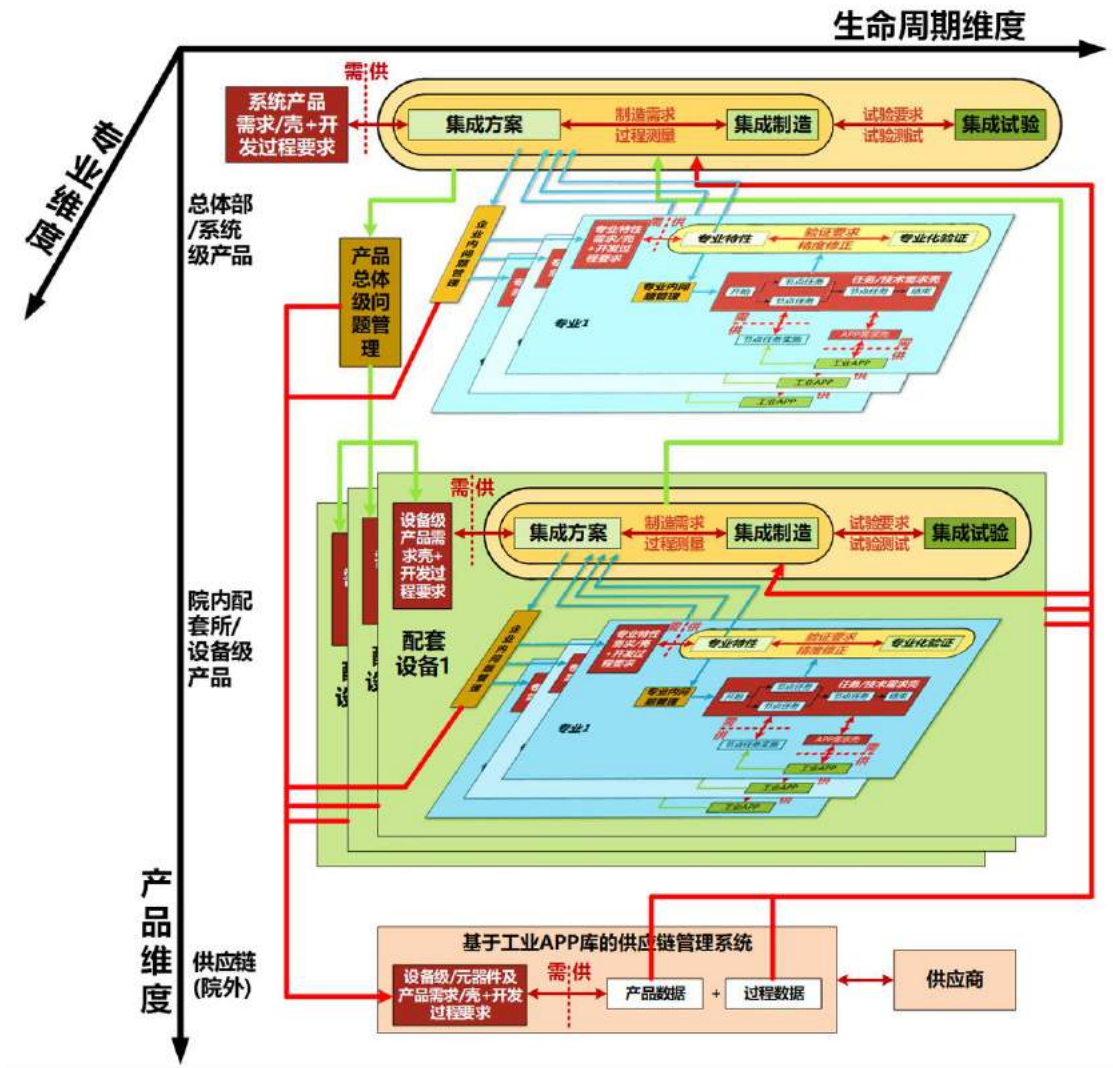


图 5-3 复杂工程产品研制的技术实施方案/过程

实施案例二：飞行器总体集成设计平台

飞行器总体设计是一项“高精尖”的复杂系统工程，包括总体、分系统和部件多个层次，涉及到气动、结构、控制、经济性等多个学科，需要根据各系统、各学科之间相互联系、相互制约的关系，进行大量的方案对比，进行多轮从简至繁的设计循环，最终完成设计过程。飞行器总体设计是飞行器系统研制和应用的“龙

头”，飞行器总体设计水平不仅决定了飞行器系统的整体性能，而且决定了其费效比，是飞行器研制最为基础、也最为重要的关键技术。

而目前的设计方式还是离散的、孤立的、不系统的，设计过程不规范，工具软件没有集成，数据流没有打通，而且没有设计规则和方法库引导各个设计环节的工作，造成设计过程的人工重复性劳动较多，设计过程效率低，设计周期长，费用高，质量却不高，非常不适应当前任务量密集、研制进度紧迫的任务要求。

飞行器总体集成设计平台，紧密围绕总体快速设计的研制主线，集成指标输入设计，飞行剖面辅助设计、总体参数辅助设计、气动外形辅助设计、气动特性快速估算辅助设计、方案弹道设计、发动机辅助设计等六个专业设计模块，并增加数据中心，打通各专业与数据资源中心的数据关联，有效解决分布式异构数据的存储、管理与检索，实现设计过程中的数据共享。

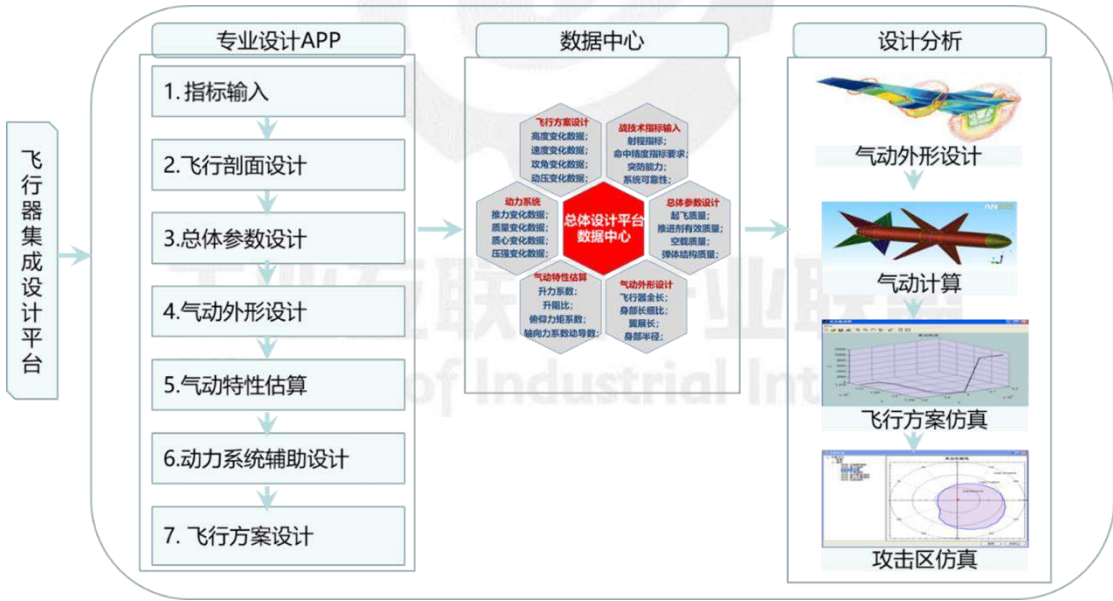


图 5-4 飞行器集成设计平台体系架构

基于“平台+APP”模式和工程中间件思想的统一基础平台，在统一 IT 架构下，在总体、气动、结构、强度等飞行器研发学科领域进行信息化专业系统技术研究和应用推进，面向业务需求，开发通用业务组件和共性功能模块，与各类专业研究与设计、仿真分析、数据管理和项目管理系统集成，构建支持产品快速设计迭代、综合集成的、具备自主知识产权的各个专业应用系统，促进研发中心集成化、数字化、协同化的研发体系的形成。

SYSDWARE 平台目前已集成 300 多个工业软件商业版本，同时可以将工业设备数据、工业基础知识数据以及第三方服务商和供应商接入到平台，即 SYSDWARE 平台是一个工业资源汇聚的平台，平台对汇聚的资源具有管理和优化的功能，并在此基础上不断形成新的技术 APP，去支持工业中的研发设计和生产制造，进而服务于具体的工业业务需求，从而实现工业数字化，智能化。



图 5-5 飞行器集成设计平台体系架构

飞行器总体集成设计平台有效缩短总体方案迭代优化分析周期，提高快速总体方案论证能力，将传统总体方案迭代优化分析周期的 30 天缩短到 18 天以内；集成设计平台的专业设计工具集成大大提升了总体方案论证及优化设计的自动化水平，解放了总体设计人员的劳动力，提高了设计质量，减少了人为失误。计算精度误差小于 5%，飞行器集成设计平台以伊斯坎德尔为设计原型，形成快速总体设计方案与原型设计方案误差小于 3%。

5.5 细分应用场景三：高端装备的预测与健康管理（PHM）

应用场景描述

高端装备的运行维护多以定期检查、事后维修的预防性维护策略为主，不仅

耗费大量的人力和物力，而且效率低下。

预测与健康管理（Prognostics and Health Management，以下简称 PHM）是综合利用现代信息技术、人工智能技术的最新研究成果而提出的一种全新的管理健康状态的解决方案。预测是通过评估产品偏离或退化的程度与预期的正常操作条件来预测产品的未来可靠性的过程；健康管理是实时测量、记录和监测正常运行条件下偏差和退化程度的过程。PHM 的发展是人们自我学习和提升的过程，即从对设备的故障和失效的被动维护，到定期检修、主动预防，再到事先预测和综合规划管理，实现了基于工业大数据的装备售后远程维护。

传统的 PHM 模式，由于存在很多的局限性，无法实现各个 PHM 环节之间的连续性、多要素的有效采集、海量数据的存储、众多关联因素的实时分析以及精准的故障预测，而且也很难实现同其他系统的集成。

新一代的 PHM 系统有如下的特点：

- （1）更丰富的数据采集：支持更多的新型传感器和控制系统的信息采集，并提供本地的边缘计算能力。
- （2）海量历史数据的存储能力：支持 PB 级别的时序数据的保存，以及高性能的查询，可以保存长达数十年的设备数据。
- （3）更高性能的分析能力：通过分布式的大数据分析引擎，提供更强的处理性能，支持更多维度的关联分析，保障更多实时性要求更高的分析。
- （4）更精准的预测能力：提供更多神经网络、深度学习的算法和模型，结合更多维度的输入，构建更精准的预测。
- （5）更丰富的智能反馈：提供丰富的 API 接口，同不同的业务系统和控制系统进行对接，实现更智能的反馈。

实施案例三：石油钻机行业应用案例

寄云科技协助国内某石油钻机生产厂商构建了石油钻机的预测性维护和故障辅助诊断系统，实现石油钻机实时数据的采集，提供远程的实时监测与告警，并基于历史数据构建包括泥浆泵、绞车、顶驱等关键子部件的故障诊断和性能预测模型，实现故障的快速诊断和备品备件的优化管理，为实现完整的石油钻机预测和健康管理系統奠定了坚实的基础。

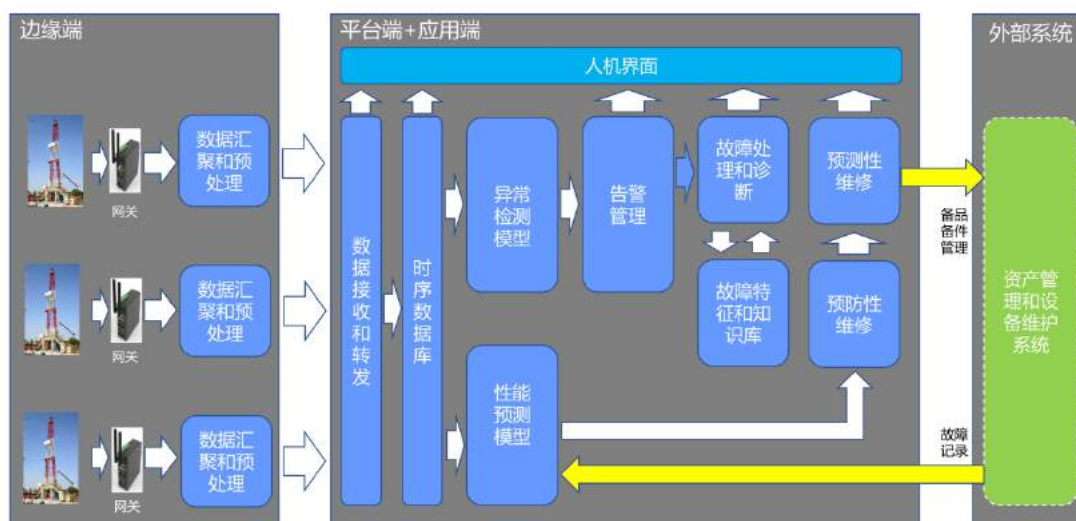


图 5-6 石油钻机 PHM 功能架构图

1、边缘端

通过寄云工业网关实现了对包括泥浆泵、绞车、顶驱等十余种关键设备 PLC 的高频数据采集，提取了包括电流、电压、扭矩、钻速、压力、流量等关键工作指标；同时，提供了包括数据采集频率对齐、数据差值填充的数据质量管理功能，还基于物理规则和数据模型，在边缘端实现了钻机工作状态的实时判决模型，增加了相应的工况判决信号，为平台侧的时序切片分析提供了支持；在和平台的对接上，将采集的数据以物联网协议通过无线网络发送给平台，不仅实现了数据传输加密，还实现了包括传感器数据增量传输、数据压缩等功能，在保证数据安全的同时，减少了不必要的数据传输。

2、平台端

针对通过加密网络发送到平台的传感器实时数据，寄云 NeuSeer 平台通过高效的消息分发机制，将数据发送至实时应用监测和寄云 NeuSeer 时序数据库。

寄云 NeuSeer TSDB 时序数据库能够为大型高端装备提供海量时序数据的高性能存储和查询功能，支持单节点每秒数百万数据点的写入、秒级的查询响应以及分布式线性扩展的功能，为多应用的高性能写入和查询以及针对不同工作场景下的工业数据分析提供了强大的支持。

通过寄云 NeuSeer DASTudio 工业大数据分析和建模平台，针对钻机的 1500 多个包括电流、电压、扭矩、钻速、压力、流量在内的高频特征，基于钻机的设计原理、工作特征，结合部分的统计分析、机器学习和神经网络算法，分别实现

了钻机的工况识别、关键工作参数 SPC 控制、设备的健康度、故障的相关性分析，以及部分的故障特征提取功能，开发了多个包括异常检测、性能评估、故障诊断和故障预测的模型。

3、应用端

基于采集的实时数据和历史数据，以及开发的各类模型，开发了包括大屏 3D 动态展示、实时状态监控和告警、故障智能诊断、设备健康档案、预防性维护和预测性维护策略的功能模块，并基于人工智能技术构建了故障特征库，可以实现对特征故障的保存、模型训练和实时比对，针对异常检测产生的告警进行实时的故障诊断。同时，同外部的设备资产管理和运维系统进行对接，提取相应的部件维修记录，构建相应的性能预测模型，并根据预测结果，对备品备件的管理策略进行调整。

同时，还实现了手机 APP 应用，支持现场工作人员基于平台推送的维护信息，对设备进行定期和不定期的维护和记录。

石油钻机的预测性维护和故障辅助诊断系统的实施，帮助石油钻机厂商的客户提高了钻机远程运维的服务质量，降低了被动维护的服务成本。

实施案例四：轨道交通行业应用案例

高铁、地铁列车的运行安全，是轨道交通行业的核心关注点。PHM 系统通过对车辆运行状态进行实时监测，实现轨道交通关键装备故障诊断与故障预测，对可能出现的故障进行诊断、预警和预测，避免影响车辆运行安全的重大问题发生，从而提高车辆运行安全性。

PHM 系统基于轨道交通装备的历史故障数据，结合信号处理、特征提取、机器学习以及深度学习等数据挖掘方法，建立轨道交通装备故障诊断模型，形成一套系统化、自动化离线故障诊断和分析工具。以轨道交通装备在运行过程中发生的故障现象、故障波形、问题原因、处理措施等信息为基础，考虑数据本身的质量和数量特点，结合专家经验和数据规范化过程，形成故障专家知识库和自动化诊断模型（数据+知识），实现对轨道交通装备故障的在线诊断，定位故障发生原因及部件，并结合专家知识库中的故障解决方案指导售后完成现场诊断和故

障排除。

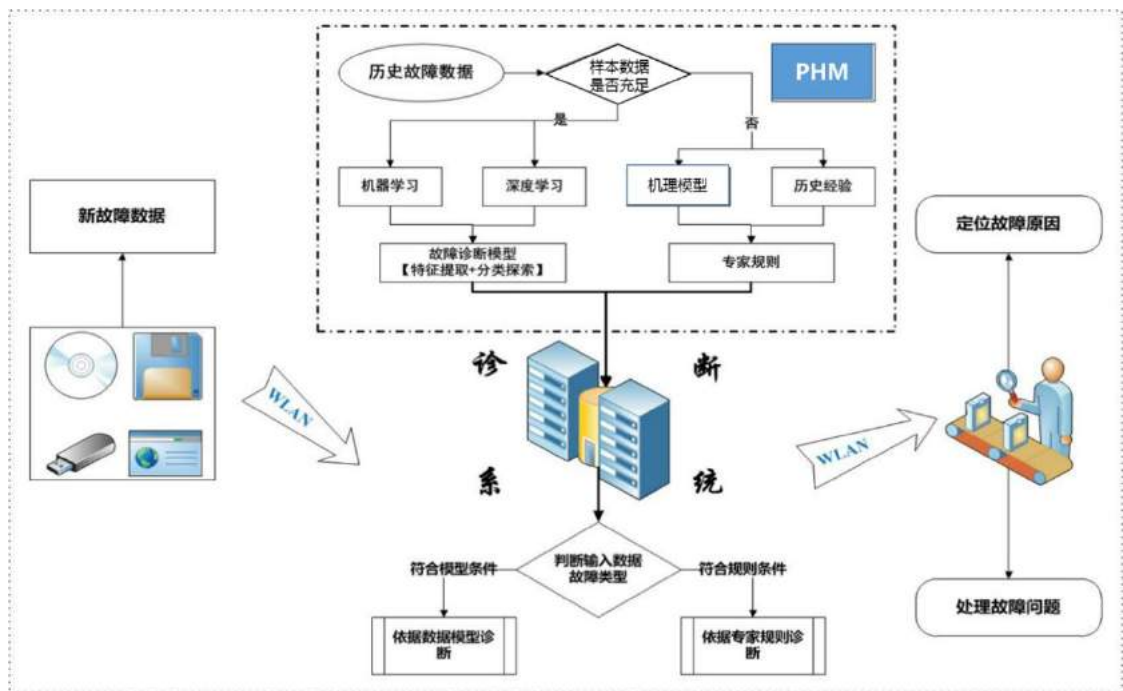


图 5-7 轨道交通 PHM 业务流程图

轨道交通行业的 PHM 系统主要由下面几部分的功能构成：

- 1、数据采集和传输：利用各种传感器探测、采集被检系统的相关参数信息，将收集数据进行有效信息转换以及信息传输等。
- 2、运行监控：运行监控包括全图监控、全部列车状态信息和列车运行信息模块，实时展示在线运行列车的运行状态及参数。通过列车状态监控可以有效的提升在线运行车辆的状态监控，对分析运营车辆故障产生原因及降低维修维护成本提供关键性指标。
- 3、故障诊断和故障预测：依据历史数据建立各参数变化与故障损伤的概率模型（退化概率轨迹），与当前多参数概率状态空间进行比较，进行当前健康状态判断与趋势分析。通过当前参数概率空间与已知损伤状态概率空间的干涉来进行定量的损伤判定，基于既往历史信息来进行趋势分析与故障预测。
- 4、维修决策：通过人-机接口实现决策支持，包括状态监测模块的警告信息显示以及健康评估、预测和决策支持模块的数据信息的表示等，为设备运营人员提供决策支持。

5、系统反馈：根据判决决策，通过机-机接口使得上述各模块之间以及 PHM 系统同其它系统之间的数据信息可以进行传递交换，并积累历史数据调整故障模型和告警的门限，进一步反馈至产品开发人员，修正产品的设计。

目前东方国信已经为某轨道交通装备制造企业实时 PHM 系统，实现列车状态数据的实时采集和处理，对列车状态进行监控和故障快速告警，保障列车的健康安全运行。轨道交通装备制造企业利用故障诊断与健康管理系统技术整合和优化运维服务资源，让轨道交通装备真正做到状态维护和预测性维护，提升轨道交通装备安全运营保障能力。

6 建筑行业工业互联网实践

6.1 行业基本情况及生产特点

建筑业是国民经济的支柱产业、民生产业和基础产业，是中国最具有全球竞争力的行业。

纵观建筑业的发展历程，其建造的过程性、建设周期长、资金投入大、项目地点分散、多展业、多关系方、流动性强等特点，大大增加了工业化和数字化运营和管理的难度。以智能化为核心，以技术创新为动力，以工业化手段，融合互联网技术和传统建筑工程建造技术的新型建筑产业正在逐步兴起。体现在以下五个方面：

一是深化改革发展。2017 年，国家相继发布了《关于促进建筑业持续健康发展的意见》和《建筑业发展“十三五”规划》，为今后一段时期建筑业的改革发展指明了方向。将稳步放开企业市场准入；推行在国家质量保修规定基础上的保修期竞争；强化建设单位建设责任，构建建筑市场健康运行基础，完善工程款支付制度，实现建筑市场公平交易；实行建筑工人职业身份制度，建立建筑工人职业化通道；大力发展小微专业分包作业企业；应对技术和市场的冲击，完善新型监管制度。

二是加快转型升级。以绿色发展为理念，以技术创新为引领，以工业化生产方式手段，以设计标准化、构件部品化、施工装配化、管理信息化、服务定制化为特征，整合投资、设计、生产、施工、运维、更新、回收等整个产业链，实

现建筑产品节能、环保、全生命周期价值最大化的可持续发展，全面深入地推动绿色建筑、装配式建筑、超低能耗被动式建筑发展等以及推广绿色施工、综合管廊等实践。积极推进建筑产业现代化；建筑管理方式信息化；建筑市场国际化。

三是加速科技跨越。建筑理念的发展推动了技术的进步，信息技术、互联网技术和智能技术逐步进入建筑产业，自动绘图、协同设计平台、BIM 技术和 3D 打印等技术在建筑设计领域已普遍使用，并成为必不可少的工具。建筑业企业不断加强建筑技术研发力度，研究 BIM 及云计算、大数据、物联网、移动互联网、人工智能及 3D 打印、数字孪生、区块链等对建筑及建筑业（包括项目管理、企业管理、行业管理）的深刻影响，探索互联网、物联网与建筑业的深度融合，率先在项目管理、企业管理中综合应用数字技术，积极推进建筑信息模型技术在设计、施工和运营维护全过程的集成应用，实现工程建设项目全生命周期数据共享和信息化管理。

四是模块化装配式建筑渐成产业主导。装配式建筑区别于传统的建筑方式，是将建筑所需要的墙体、叠合板等 PC 构件在工厂按标准生产好后，直接运输至现场进行施工装配，实现了从“建造”到“制造”的转变，具有提高施工质量和效率、环境友好、缩短工期、提高施工安全等优势。随着模块化和预制工程技术在世界各国市场渗透性的增加，全球建筑业正逐步转向各种建筑师、土木工程师和建筑商所采用的模块化和预制装配式建筑技术。

五是建筑企业“走出去”的步伐加快。“一带一路”国家战略成为带动中国建筑企业加大海外投资的主要驱动因素，为企业走出国门提供了重大发展机遇。在“走出去”的过程中，中国建筑业企业已经取得很多令人振奋的经验，在不少国家留下了“中国建造”的闪亮名片，如北京建谊在白罗斯、云南建投在东南亚、中铁大桥局承建的帕德玛大桥项目和中建四局在印尼雅加达的保障房项目等。

6.2 行业对工业互联网实施的业务需求

根据建筑产业的特点和发展趋势，对工业互联网实施的业务需求非常明确，主要是以下三点：

一是日益增长的大规模个性化定制需求。直接聚焦终端用户需求，以用户为起点，围绕美好生活，基于生活化和社区化场景，通过需求侧的社群互动、需求

暴露、信息归集和需求集聚，推动供给侧的资源有效配置、大规模定制、智能化建造和个性化服务，建造和提供极致用户体验的实体建筑。重新定义建筑业的商业模式，实现用户参与全流程交互和体验。

二是全产业链协同网络的需要。一方面，利用 BIM 和互联网技术，通过数字建筑产品和模型连接政府、投资、厂商、用户、场景等建筑的全参与方、全过程和全要素，贯穿工厂车间和建造场景，打通用户需求端和工厂生产端，以现场装配式施工驱动工厂工业化生产，通过厂场一体化实现全产业链协同与柔性生产。另一方面，利用智能技术和网络技术，连接一切建筑产品和用户，形成了一个互相配套、庞大高效的平台供给网络和需求网络。

三是从线上虚拟建造到线下智能建造的建筑全生命周期需要。通过数字孪生，虚实双生数字建筑和实体建筑，实现虚实融合的连接和交互。未来建筑全过程将演化为线上数字化的虚拟建造过程、线下虚实融合的智能建造过程和万物互联自我管理的智慧运维过程。对整个建筑全生命周期进行虚拟设计、虚拟生产、虚拟施工、虚拟运维，通过对建筑的每一个环节实现数字化的模拟仿真，实现设计施工一体化的全过程虚拟模拟，将后期生产、施工、运维产生的风险与问题前置，实现方案最优，保障建筑产品交付后的高可用性。通过对施工现场的建筑实体、人、机、料、法、环等管理与生产要素、各类终端进行泛在连接和实时在线，构建人场一体化的虚实融合现场智能作业。通过端+网+云，可以随时随地获取建筑、项目过程和人等方面的信息，提高管理数据的准确性和及时性。

四是建筑产业全球化的需求。连接中国成熟的供给网络，连接美国前沿科技，连接欧洲技术实践，充分利用中国先进的建筑核心技术、覆盖全球的建设能力和建筑材料生产供应能力，形成平台的产业、技术和资本高地。布局一带一路、北美和东南亚，聚焦本地化建筑产业需求，聚合全球全产业链优质资源，引进新材料、新技术、新工艺，满足不同地域、不同属性用户的建房需求，建造和供给极致用户体验的本地化建筑产品。赋能本地化建筑企业，为本地化企业提供参与国际业务的机会，为业内人员提供 Uber 式参与国际项目的工作机会，促进本地化产业与全球市场的紧密合作，实现全球建筑产业资源、资本和人才的跨国优化配置。这是新型建筑产业全球化面临的新课题。

6.3 细化应用场景一：虚拟建造过程的设计协同管理

应用场景描述

基于统一平台对整个建筑全生命周期的每一个环节实现数字化的模拟仿真，实现设计施工一体化的全过程虚拟模拟，形成全过程虚拟集成交付数字化模型产品，以数字模型作为载体，形成全新的虚拟设计、虚拟生产、虚拟施工、虚拟运维的闭环工作流程模式。实现纵向专业之间，横向全参与方之间的协同工作，保证工作的质量和效率。实现方案最优，保障建筑产品交付后的高可用性。

实施案例：北京成寿寺 B5 项目的设计协同管理应用

“成寿寺 B5 地块定向安置房项目”是项全国装配式建筑科技示范项目，北京市首个装配式钢结构住宅项目的示范工程。项目总用地面积 6691.2 m²，4 栋 9-16 层装配式钢结构住宅，总建筑面积 31685.49 m²。项目采用钢管混凝土框架+组合钢板剪力墙结构形式，加气混凝土外墙、钢筋桁架楼承板、钢楼梯及一体化内装系统。项目主体结构、水暖电专业、装饰装修集成一体的装配式设计，采用 BIM 三维软件将建筑、结构、水暖电、装饰等专业通过信息化技术的应用，将水暖电位与主体装配式结构、装饰装修实现集成一体化的设计，并预先解决各专业间在设计、生产、装配施工过程中的协同问题。

北京建谊打造 BimCloud 模型功能平台，领行业之先对北京成寿寺 B5 项目践行虚拟建造。通过设计协同平台实现以下功能：（1）模型列表管理。模型管理界面，支持对模型进行分目录管理，点击模型名称即可在线轻量化浏览。（2）模型浏览。平台支持模型轻量化浏览、漫游、属性查看、剖切、测量、过滤、查询等各种操作。支持 2D 视图与 3D 视图同框显示并联动定位的功能。（3）CAD 图纸在线查看。支持涂鸦标记，可以将审图工作直接在线完成。（4）钢结构模型的转化及查看。支持 Revit、Naviworks、tekla structure、SketchUp、3D max 等模型的转化上传。（4）模型与构件的分享。访问 BIM 模型进行信息查看也可以通过模型分享功能来实现，点击分享链接或二维码扫描即可查看 BIM 模型。（5）基于模型的多人会议沟通和实时讨论。支持 PC 端、移动端同时参与互动，任意参与

方均可操作模型，共同基于模型进行问题沟通和实时讨论。(6) 模型过滤器和着色管理。系统自动过滤选择出满足筛选条件的构件，并且过滤条件可以保存用于后续反复利用。(7) 资料归档。可以通过平台的专属文档管理模块进行分类分权限管理，形成资料归档。(8) 工作流程管理。业主通过设计流程可以追踪设计阶段各项工作的进展，责任到人，严格控制设计时间，避免因为后续各种设计变更导致施工阶段的工期延误。(9) 移动端应用。平台支持移动端应用，可以模型离线浏览、二维码或链接分享和发送、现场问题随时拍随时管理、基于 BIM 模型的问题实时讨论、资料查看、流程审批等。

在成寿寺项目上，北京建谊通过数字模型协同云平台，将业主、设计团队、总分包、监理、部品部件厂商等各参与方连接在一起，应用 BIM、VR、移动技术，以集成了用户个性化定制信息、专业设计信息、深化设计信息、材料工厂商、施工建造信息、运维信息的虚拟化数字模型作为载体，实现单个专业内、多个专业间以及多参与方的异地协同设计与互动，并基于建筑全生命周期的数字化设计、施工、运维模拟运行，以极小的代价和最快的速度实现建筑全过程的虚拟执行和优化调整，将后期生产、施工、运维产生的风险与问题前置，提升设计效率与质量。

6.4 细化应用场景二：虚实融合的施工协同管理

应用场景描述

将工厂生产与施工现场进行实时在线连接与智能交互，实现工厂工业化生产与现场装配化施工场厂联动。工业化生产基于标准化、流程化，可实现构件及部品的大规模、柔性化生产。现场装配化通过计划排程到末位级、时间精确到小时和分钟、任务执行最小到工序，模型细化到构件的工业化手段实现精益建造。同时，通过对施工现场人、机、料、法、环各关键要素的全面感知和实时互联，实现对人员、机械、材料、环境等各要素的实时感知、分析、决策和智能执行。将建造过程提升到工业级精细化水平，达到浪费最小化、价值最大化，精益求精的目标。

实施案例：首钢二通厂项目施工协同管理应用

“首钢二通厂南区棚改定向安置房地块项目”，4 栋 21-24 层装配式钢结构住宅，总建筑面积 83091.33 m²，本项目中采用钢框架+防屈曲钢板剪力墙结构体系，钢框架+钢板剪力墙结构体系。项目在施工过程中充分利用平台优势，以模型为载体，贯穿建筑全生命周期，实现设计、生产、施工一体化，工程整体成本缩减 30%，工期缩短一半。充分发挥装配式钢结构建筑“节能、节地、节水、节材和环保”的优势，通过信息化管理和装配化施工，保证工程质量的同时，缩短了工期，节约了综合成本。

首钢二通厂项目依托施工协同管理平台，通过数字模型将部品部件工厂生产与施工现场进行实时在线连接与智能交互，实现工厂工业化生产与现场装配化施工场厂联动。线上施工协同管理主要实现以下功能：（1）4D 进度模拟。通过 4D 动态模型展现施工进度，业主无需到现场即可了解项目进展。（2）现场质量管理。将传统现场质量检查工作通过配套移动端进行管理，支持与模型进行联动。（3）工程量过滤统计和钢筋工程量过滤统计。（4）成本结算、核价、支付、变更、签证管理。（5）合同支付审批。（6）人、材、机数据的统计分析。（7）施工阶段的资料归档。（8）基于模型的施工日记。（9）施工现场监控等。线下工程施工管理，推行“虚拟先行、样板引路”的工作流程，坚持平台管理、虚拟建造，以策划为先导，以方案为指导，以交底抓落实，全员全过程管理。严控过程，确保平台管理、虚拟建造、工艺先进、过程精品、绿色施工、资料完备，确保各项目标的最终实现。重视安全管理，项目施工现场全面落实六个 100%要求：（1）施工工地周边 100%围挡；（2）物料堆放 100%覆盖；（3）出入车辆 100%冲洗；（4）施工现场地面 100%硬化；（5）土方开挖 100%湿法作业；（6）渣土车辆 100%密闭运输。

二通厂项目通过施工协同管理平台，构建人场一体化的虚实融合的智能化现场作业。有效支持现场作业人员、项目管理者、企业管理者的协同和管理工作，提高施工质量、安全、成本和进度的控制水平，减少浪费，让施工现场作业更智能、更简单。

7 船舶行业工业互联网实践

7.1 行业基本情况及生产特点

海洋工程装备和高技术船舶已被“中国制造 2025”明确列为国家十大重点发展领域之一，其产业链覆盖广、规模大、水平高，优势产品地位突出，集聚发展态势明显，行业工业互联网发展对区域经济带动明显。

船舶产品典型特征是零件数量级大、主尺度大、生命周期长，以大型豪华邮轮为例，其零件数超过 2500 万个，长度超过 350 米、船宽大于 60 米、高大于 70 米、吨位超过 20 万吨。一般从设计到交付、保修期维护，全船寿命一般 10 年至 30 年，中间需经历多次大修。

船舶制造业是海洋工程领域的重点支柱产业，中国船舶制造的体量大，造船三大指标国际市场份额均位居世界第一，2017 年，全国造船完工量为 4268 万载重吨；承接新船订单量为 3373 万载重吨，手持船舶订单量为 8723 万载重吨，分别占全球总量的 41.9%、45.5%和 44.6%。

船舶制造业具备服务密集型、劳动密集型、物资密集型、资金密集型及技术密集型五大特征：配套服务方面，为其提供各种原材料和配套产品的企业覆盖国民经济 122 个产业部门中的 98 个，国民经济中关联面高达 80%；涉及工种繁多，劳动力并行投入数千人，立体作业现象频繁，作业时间长；船舶建造中使用物资超过 5000 类，且非标物资种类繁多；船舶建造经费以亿元为单位，配套企业众多且遍布各地，物资库存周转率较低，资金占用率高；研发设计环节复杂，涉及数十个专业分工，设计变更关联多家机构。船舶制造业的这些特征，决定其与其他离散制造业的工业互联网建设方法存在很大的不同。

7.2 行业对工业互联网实施的业务需求

随着企业全球化业务的发展，船东对船舶产品的个性化定制要求越来越广泛，船用设备物资的种类和供应渠道也越来越多，物流模式越来越复杂，如何实现跨业务模块的流程优化、多信息化平台的高效集成应用，船企与船东、供应商、第三方物流公司之间的横向端对端集成，其要求越来越迫切。

船舶行业对工业互联网平台的需求是面向全流程的整体顶层解决方案，主要包括以下几点：

首先，船舶工业企业需要通过工业互联网平台应用，加速船舶智能制造的实现。通过分析船舶制造数据感知网、物联网、信息物理系统、工业互联网标准要求，实时动态获取船舶制造过程中生产人员、零部件物流与质量、生产计划执行状态、生产环境和能耗及施工质量等信息，研究船舶制造过程中物与人的智能识别、定位、跟踪和监控相关方法，制定信息系统数据交换标准及海量多源异构数据的实时传输标准。分析船体分段智能制造车间、智能涂装车间、智能管子车间、智能船厂应用要求，设计透明化协同管理、数控设备智能化的互联互通、智能化的生产资源管理、智能化的决策支持方法。有效集成涂装智能喷砂、涂漆工艺及工艺知识库、涂装车间智能感知网、计划及管控系统、物料智能配送系统和安全智能监控系统，实现智能计划排产、智能生产协同、智能设备的互联互通、智能资源管理、智能过程管理、智能决策支持等实际应用。

其次，船舶工业企业需要通过物联建设及边缘应用，打通现场层数据瓶颈，有效合理组织生产。当前船舶建造的流程不够精益化，精度低、不准时，各种现场信息传递不及时而造成的问题经常出现，影响了生产节拍的有序和流畅，延长了船舶建造周期，增加了建造成本。通过对部分生产线的物联改造、智能控制、大数据分析，缩短核心零部件新产品研制周期、有效降低不良品率、提升生产效率，提高设备能源利用水平，成为当务之急。船舶建造需结合作业现场状态参数，综合考虑场地、设备、人员等资源，制定出作业负荷均衡及节拍化的作业计划。

最后，船舶工业企业需要通过供应链协同应用，提高上下游信息共享水平，催生新型产业和新型制造模式。目前，信息共享大多存在于核心造船企业内部各部门之间，较少能呈现在造船供应链的各节点企业之间。因此，基于工业互联网平台的微服务框架，打通造船供应链上下游企业信息系统的通信链路，打破上下游企业的信息孤岛和封闭，最终降低全链条企业的信息成本和经营成本，提升整个造船供应链的协同效率。此外，加强造船供应链对供应商的进一步吸引，制定全链统一的供应商评价指标，有效解决船舶行业的物资配套设备多样化的特点，扶持关键优质供应商建立稳固的供应链地位，同时进一步发掘潜在合作伙伴，吸

引其进入供应商名录，实现长期合作关系的建立和维护。在供应链系统应用的基础上，加强上下游企业生产需求计划的对接，减少交期提前或拖期现象，同时基于共享库存的概念，逐步推广“自设库房为辅、租赁库房为主”的自由型库存控制思路 and 模式，开发并完善出入库管控系统及管控装备，通过人工智能等技术实现整体库存的智能规划和部署实施，降低人工调度及决策的强度和压力，减少物资的中间周转时间，有效降低供应链整体库存成本。

7.3 细化应用场景一：大型离散制造智慧物联应用

应用场景描述

为适应我国造船业的发展趋势，必须保证实时了解船厂运作过程中的现场状况，因此需要有更合理和完善的设备实时监控系统。船舶生产现场大量工业数据分布面广，分布格式多种多样，有的分布在自动化设备的 PLC 数据中或由专业传感器提供，有的以加工日志、设备运行参数的形式分布于数控机床的操作系统中，有的以各种电气参数分布于智能仪表的嵌入式硬件中，有的通过工业传感器、RFID、扫码枪等形式提供各种异构数据，有的是操作员手动或半自动录入的各种生产数据。

船厂大多数监控系统采用现场布线的方式实现数据的传输，应用过程较为困难，不利于在船厂复杂的车间环境中应用。传统监控系统电缆布线复杂，容易损坏，移动性差，购买和维护成本高，对于出现线路损坏等问题时，排查起来较为困难，对设备的监控效果不乐观。在船厂车间的用电设备繁多，包括船厂的基本生产设备行车、焊机等，环境相对复杂，如果采用有线方式的焊机监控系统，以双绞线作为通信介质的方式必定带来诸多不便，如现场布线困难，线路容易损坏，对于后期保养也十分不易。设备出现故障时，比如说船厂车间焊机出现故障后，往往需要通过工人将故障信息上报给部门，然后才会有相关的人员对焊机进行故障检验维修。这个过程一般耗时比较长，可能因为工人没有上报焊机故障信息，导致某一个工位的焊机可用数量减少，在对实际生产效率带来一定的影响。

要解决这些问题，实现这些异构数据的交互，达到工业互联网平台对这些数据的采集，兼顾各类新老设备的数据改造，需要自主设计边缘层技术架构，为实

现设备管理与监控打下基础。

实施案例：

中船黄埔文冲船舶有限公司（以下简称黄埔文冲）拥有数控切割机、数控弯管机、肋骨冷弯机、数控焊机、管子焊接机器人等一批先进数控加工设备，本项目以连接黄埔文冲加工设备作为案例。

黄埔文冲以现有的动能源监控系统、数控切割机监控系统以及焊机监控系统作为数据基础，通过预留的接口-实现与 PaaS 层的对接，从而在应用层呈现系统功能。设备物联网网络拓扑图见图 7-1。

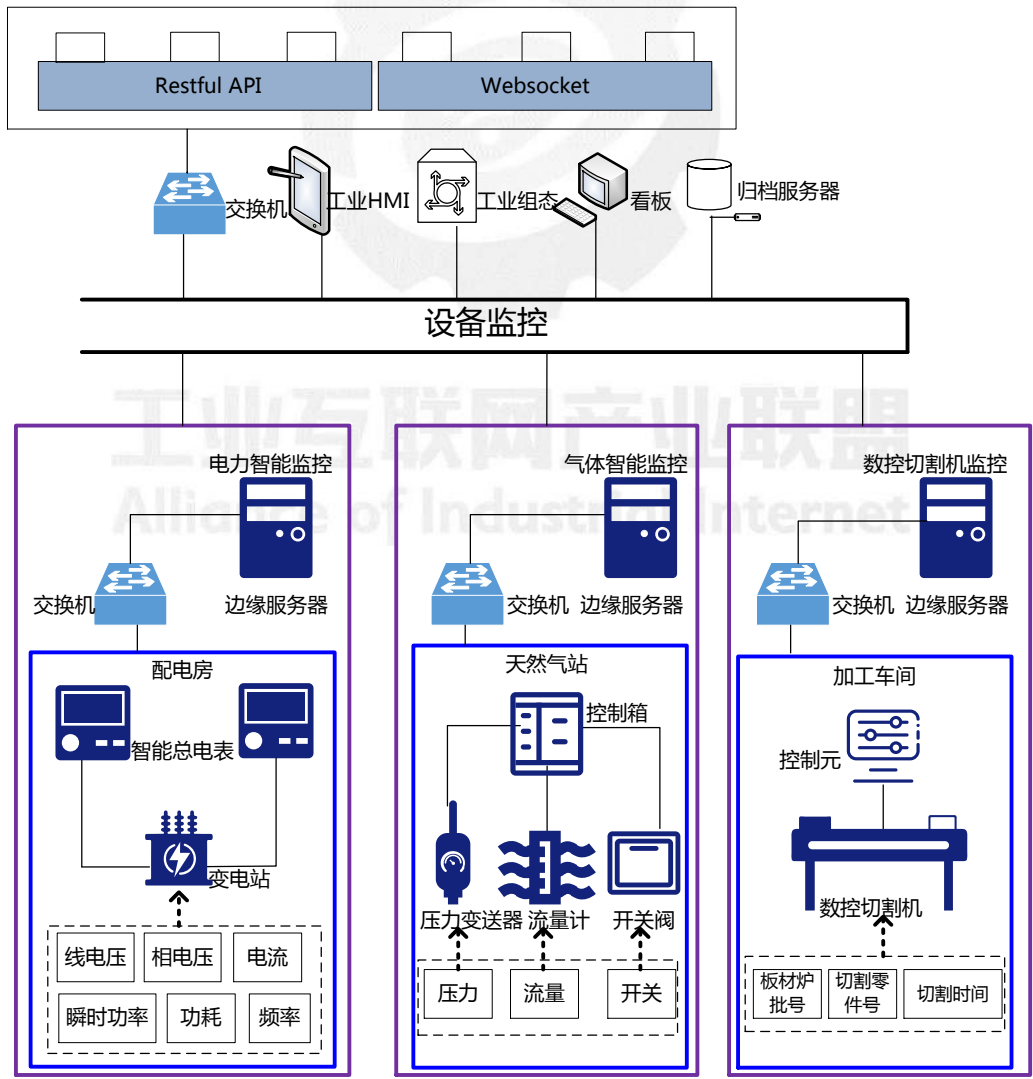


图 7-1 设备物联网网络拓扑图

动能源监控系统实现了电力、气体部分数据的采集与监控。其中电力监控主控中心部署与 1#10KV 电站内，合计安装 187 个电力仪表、732 个传感器，对 400A 的低压断路器进行了监控；工业气体及空压机监控部分，合计安装二级支管汇集点 18 个、流量计 116 只、压力传感器 116 只、电动阀门 63 台，根据业务分工不同分别对 2 座空压站，1 座液态二氧化碳站、1 座液态氧气站、1 座天然气接受站进行监控。

通过动能源监控系统的应用，实现了对电力、气体等各类能源的智慧监控，为后期智能决策提供了数据依据。

数控切割机监控系统通过与 Fanuc 控制元对接共实现了 6 台数控切割机切割板材炉批号、切割零件号、切割时间等必要信息的数据采集。系统针对板材属性及切割任务，将相应的已保存在中央服务器的切割程序传输到对应的切割机上。同时切割机将切割进度、设备状态、采集参数等通过 TCP/IP 报文反馈回上层控制系统。预切割后的板材通过自动物流系统运送入立体库备用或直接上生产线进入生产工序。数控切割机监控系统实现了对数控切割机的智能监控，为智慧生产提供了更好的条件。

焊机监控系统实现了松下手工焊机、二氧化碳焊机、埋弧焊机等种类共计约 300 台焊机的联网，基于实时焊机工作参数数据，提供了焊机监测、统计分析等功能。工艺人员通过为每台焊机设定焊接电流的上下限值，对操作者的焊接规范进行监督以及及时对操作者超规范焊接情况进行管理，同时对实际焊接电流超出限定值时生成报警统计报表，记录不规范操作。焊机监控系统实现多种焊机的智慧监控，对不合理的数据进行报警，为智慧生产提供了更好的基础。

案例实施效果

通过本案例的应用实施，得到下列效果：

（1）切割加工实现 100%数控化，助力实现智能车间

满足了质量追溯和进度统计的要求，并对非正常切割断点能做出切割质量缺陷预警提示。发生故障时，切割机监控系统能够及时准确地报警，以通知现场监

控人员采取相应措施，防止可能出现的重大事故。智能切割机监控系统帮助实现智慧化船厂生产车间，是智能加工的重要组成部分。

（2）实现焊机信息的远程监控，打造智慧加工

建设了焊接管理信息化平台，初步打通了从数据采集、数据分析到可视化展现，实现焊机信息的远程监控。真正落实了焊接“实名制”质量管理要求，实现了焊接工艺质量、生产、设备和成本实时监控和管理，提高焊接作业中的人员、工艺、材料、工时和设备等管理的精细化水平，焊机信息化水平的提高，也为智慧生产车间提供了更好的实现条件。

（3）实现对水、电、气等的自动化数据采集与监控，为智慧监控打下基础

引进实施了动能源监控系统、空压机监控系统等制造信息化建设，通过动能源改造，实现对水、电、气等的自动化数据采集与监控。该系统通过对能源数据的统一采集、集中存储、多样化展示与专业分析，辅助完善船舶企业能源管理体系，促进能源管理的规范化与数据的标准化；通过及时、准确、详实的能源数据支撑厂区能源计划与实绩管理工作，完善了厂区能源消耗及物量单耗的管理体系；通过收集原始数据、过程数据、结果数据、分析数据等，提升了船厂对生产制造过程中的能源利用情况分析能力，促进了节能减排工作的有序进行。动能源监控系统对公司在生产制造过程中使用的主要动力和能源起到了良好的监控效果，能够准确地掌握动能源存储、转换、供应过程，为船舶生产制造提供决策依据。

7.4 细化应用场景二：船舶工业供应链上下游协同应用

场景描述

随着世界贸易和经济一体化的不断发展，全球市场竞争日趋激烈，各大船企纷纷尝试建立基于供应链的上下游业务协同，通过建立战略合作关系，发展利益共同体，以期在日益严峻的市场竞争压力下争取生存和盈利的机会。

然而，在产业链协同上，并没有本质上的变化，上游企业的生产和下游用户的要求链并没有打通，下游企业为了保证生产，需要贸易单位等提前采购保证库

存。总体来看，上下游产业在局部方面有强化和升级，但是打通整体产业链方面还存在很大的提升空间。场景现状如下：

（1）船舶供应链是网链结构。船舶供应链不是一条简单的链条，而是由多个节点组成的网链结构。在整个网链中，船厂凭借船台、码头等核心竞争能力承担着海洋船舶装配的重担，处于造船供应链的中心地位，起主导作用；供应商、协作厂等合作伙伴数众多，对船价影响大（原材料及设备成本占造船成本比例通常达 60%—70%），这一特点决定了船厂对原材料供应商及船用配套企业有着很强的依赖性；船级社等中介组织监督制约着供应链上所有企业的生产经营活动。

（2）船舶供应链内部结构复杂。单船的供应链管理，系列船型的供应链管理与各生产中心（车间）的物流交叉影响，构成了一个错综复杂的整体。同时，供应商复杂，船厂一系列船型多个同时建造，造成相同零部件有多个供应商。随着外包业务的发展，中间承包商与供应商进入船厂，将其供应链融入船厂的供应链之中。其交叉性增加了协调管理的难度，使供应链趋向于复杂化、多元化。

（3）船舶供应链管理复杂。在的生产周期中，船舶制造要把数以万计的零部件、数以百计的配套设备、数十个功能各异的子系统，通过船体平台有机地组合成一个整体。生产过程既有大量零部件的加工制造，又有繁杂的逐级装配；经营、物资、设计、计划、成本、制造、质量、安全等各种不同类型的功能，以不同的时空坐标交织在一起。这使得造船供应链管理的任务变得更为复杂艰巨。

（4）节点企业日益增多。伴随全球化、信息化、数字化特征的加强，船厂业务外包日益增多，给更多的企业带来合作的机会和可能，同时也更强调发挥各节点企业的核心能力和优势。在未来的造船供应链上，造船厂的总装功能会得到强化，制造功能受到削弱，与此同时出现大量的独立的分段及模块制造商，也有可能出现海洋船舶代理商、运输服务商等新的合作伙伴，造船供应链的结构变得更扁更宽。

船舶供应链实际上是一群海洋船舶企业及其相关企业的联盟，每个节点企业都是具有独立利益的实体，加盟供应链是希望通过供应链获得更多的收益和好处。因此节点企业在协作过程中会产生这样或那样的问题，这些问题可以归纳为下述

几个方面:

(1) 权利均衡问题。海洋船舶供应链中的一些企业可能会由于占有稀缺资源、享有集中的决策权等优势而拥有比其它节点企业更大的权力。如果这些企业从自身利益出发,利用这些特权对海洋船舶供应链中其它企业在价格、库存、信息共享等方面进行欺压,会导致权力的滥用和合作的不平等,势必影响海洋船舶供应链的合作效果。为此,海洋船舶供应链管理要科学地选择合作伙伴,公平地规范各自的权利和责任。

(2) 活动协调问题。海洋船舶供应链中的每个节点企业均有各自的经营理念、目标导向和计划安排,节点企业的个性差异客观上增强了海洋船舶供应链协作的难度。而各节点企业对本位主义的本能追求和海洋船舶供应链协作中大量不确定性情况的发生,会使合作各方产生一定程度的冲突与争议。这些冲突如果不能有效化解,就会妨碍合作的进程和质量,进一步增加协调合作行动的难度,影响海洋船舶供应链整体的统一安排和系统优化。

(3) 利益分配问题。节点企业加盟海洋船舶供应链合作,并在合作中调整自己的经营模式和增加技术投入,做出自己的努力和贡献,是希望能从海洋船舶供应链的运作中获得更大的利益。每个节点企业都关心自身能从海洋船舶供应链合作中得到什么。值得一提的是,通过海洋船舶供应链全体成员努力而获取的新增利益如何在各个企业之间进行分配,这是合作伙伴关注的焦点,也是海洋船舶供应链协作能否持久的前提。

(4) 风险承担问题。造船本来就是一个高风险的行业,供应链造船进一步增加了造船的不确定性,扩大了造船风险的来源和危害,并且将单个节点企业的风险传递和放大到下游相关企业。发生道德风险是协作难以避免的现象,也是供应链管理不可回避的问题,海洋船舶供应链管理必须提高预防和控制协作风险的能力。同时,风险问题和利益问题又是密切相关的,海洋船舶供应链管理要构建合理的利益分配方案和风险共担机制,以促进合作伙伴同心同德、群策群力。

(5) 相互信任问题。相互信任是相互合作的前提和基础。只有合作伙伴诚实、可靠、遵守承诺,海洋船舶供应链协作才能谈得上信息共享、利益共享、风

险共担。如果节点企业相互信任，就可以降低海洋船舶供应链检查监督成本，减少海洋船舶供应链风险发生，增加海洋船舶供应链合作深度。然而，节点企业的利己主义倾向又会影响彼此的信任，进而妨碍海洋船舶供应链协作。海洋船舶供应链管理要积极倡导合作共赢、信任共生的理念，并依据信任机制来解决海洋船舶供应链协作中出现的具体问题。

（6）信息共享问题。造船供应链客观上要求节点企业之间实现信息共享。尽管互联网为海洋船舶供应链节点企业之间的信息共享提供了条件，但问题在于海洋船舶供应链中的节点企业不愿意与他人分享自己的商业信息。每个节点企业都担心合作伙伴会滥用信息而占有更多的利润，从而都隐藏各自的成本、产量、价格等信息，以保持自己的信息优势，造成人为的信息不对称，进而影响到合作风险、合作协同、合作信任等相关问题的解决。

上述问题是相互联系、相互作用的，一个问题的产生与解决影响到其它问题的产生和解决。信息共享是海洋船舶供应链协作的基础平台，权利均衡是海洋船舶供应链协作的基本要求，相互信任是海洋船舶供应链协作的必要前提，活动协调是海洋船舶供应链协作的内在需要，利益分享和风险共担是海洋船舶供应链长期协作的有力保障。

实施案例

在此场景下，中船黄埔文冲船舶有限公司（以下简称黄埔文冲）围绕自身行业特点，在中船工业互联网有限公司的支撑下，搭建起满足供应链协同的应用案例。案例中形成的实施架构整体可面向船舶工业企业和上游供应商，通过 PaaS 层的数据交换平台，开展对供应链上企业信息的快速对接，实现相关信息系统的互通互联。进一步，在平台工业 SaaS 层打造提升供应链智慧协同能力的企业级应用，丰富并完善各类产业链协同应用，满足船舶工业企业和供应商的一系列具体需求，促进新型造船供应链系统的迭代，催生供应链企业从“制造型”向“服务型”的转型。整体架构见图 7-2。

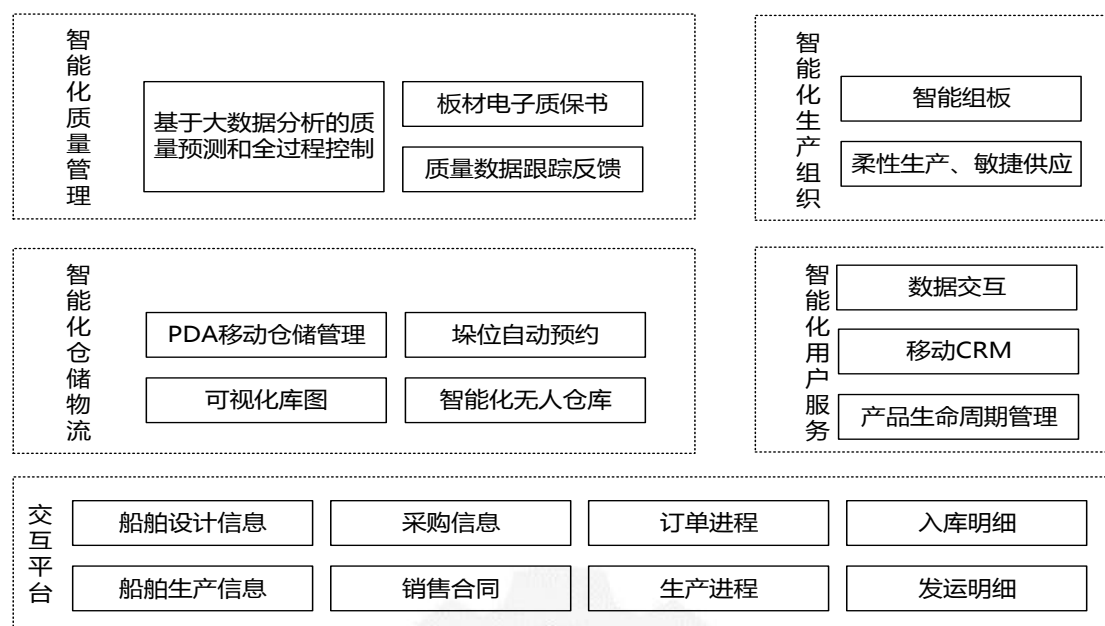


图 7-2 实施架构图

案例实施效果

通过相关供应链应用上云，在中船黄埔文冲船舶有限公司开展应用实施，取得诸多效果，其中包括：

（1）应用包括供应商注册、供应商资质审批、合格供应商认定，为实现供应链生态闭环创造了有利条件。应用实施后，依据供应商的性质以及其对企业的战略价值，基于历史数据提取供应商信誉、能力、优势领域等特征，采用自然语言识别相关机器学习算法对不同的供应商进行智慧评价；在维持产品质量的前提下，通过供应商管理系统建立竞争优势，降低了供应链与运营成本，促进企业利润的提升。

（2）基于物资集中采购业务以及生成的历史价格趋势数据，完成对物资价格的智慧预测，预测精度达到 95%，实现了对海事黄页、采购信息、供应信息、企业招聘、网上海事展、招标公告、中标公告、企业名录等信息的集中管理，为公司采购提供供求信息对接、招投标信息发布，优化采购流程，降低采购成本。项目实施 3 个月已有 1683 家供应商的注册，完成供应商管理系统中的动态评价标准和信用评级，交易额超过 5 千万，为企业集中采购的规模化效应提供基础数

据的支撑，企业原材料采购周期平均缩短 15 天，原材料采购成本降低 10%。

(3) 推进上下游厂区间生产物流车辆定位及调度云化应用，通过卫星定位技术，对分段转运车辆的位置信息进行监控和发布，实时获取车辆的位置和行驶状态，实现了厂域间生产物流的统一调度以及分段转运、车辆使用计划派工、领工、完工状态统计，完成了大型平板车和分段的行驶轨迹和状态信息监控，实现车辆油耗、速度控制，有效降低车辆使用成本，以及分段转运入场/离场状态实时展示。

8 电力行业工业互联网实践

8.1 行业基本情况及生产特点

电力行业是国民经济基础行业之一，电力产品在人们社会生活中的特殊地位，往往使其生产、传输、供应和服务的及时性、可靠性具有极强的经济意义，有时甚至具有某种程度的政治、军事意义。因此，电力企业的管理也被赋予了高度的可靠性和保密性。

在我国 2016 年 12 月发布的《能源发展“十三五”规划》中：2020 年煤电装机规模力争控制在 11 亿千瓦以内。2020 年煤电机组平均供电煤耗控制在每千瓦时 310 克以下，其中新建机组控制在 300 克以下，二氧化硫、氮氧化物和烟尘排放浓度分别不高于每立方米 35 毫克、50 毫克、10 毫克。2020 年常规水电规模达到 3.4 亿千瓦，“十三五”新开工规模 6000 万千瓦以上。2020 年运行核电装机力争达到 5800 万千瓦，在建核电装机达到 3000 万千瓦以上。2020 年风电装机规模达到 2.1 亿千瓦以上，风电与煤电上网电价基本相当。2020 年太阳能发电规模达到 1.1 亿千瓦以上，其中分布式光伏 6000 万千瓦、光伏电站 4500 万千瓦、光热发电 500 万千瓦，光伏发电力争实现用户侧平价上网。2020 年生物质能发电装机规模达到 1500 万千瓦左右，地热能利用规模达到 7000 万吨标煤以上。电力在我国能源中具有重要战略地位。电力作为二次能源中的重要支柱，是解决我国能源问题的重要途径之一。

电力企业生产过程中不仅有信息流与物质流，还包括了连续的能源流，而且伴随复杂的物理化学反应，物质和能源的转化和传递等过程。因此电力行业是一

个非常复杂的工业行业，其生产工艺目标往往不能以独立的数据形式实现直接控制。电力工业有以下几大特点：

1. 电力产品生产、销售和使用一体化

由于电力生产、消费的特点，发电、送电、配电和变电是同步进行的，电力产品不具有时效性。同时，电力产品不具备追溯性。这种一体化的特性要求高度的管理信息集成。电力企业的管理行为必须覆盖从发电到送电的全过程。这要求电力企业的信息化系统建设将企业各个管理部分和企业的生产过程组合成为一个相互关联的有机体，集成从原料购入和用户需求响应到发电、送电、变电和配电，服务资金结算等企业运行的全过程。

2. 企业内外存在复杂的原辅料供求关系

电力工业的产品虽然单一，但其生成过程却极为复杂。比如在发电环节的电厂就需要燃料、锅炉、汽机、发电、热工、通信等众多功能部门的配合，管理流程和数据流程极为复杂。电力企业对外存在着燃料、配件的采购供应，存在着面向用户的、具有高可靠性要求的商品化电力输出；在内部，各个生产、辅助部门存在着强耦合的严密的并行协同关系。这要求电力企业的信息系统具有高度敏捷性，能够建立支持企业间动态联盟的敏捷供应链，以确保上述供求关系，服务与被服务关系的顺畅流转。

3. 电力行业在不断的改革当中

从 20 世纪 90 年代开始，我国电力行业逐渐地从集权垄断走向市场化竞争，从开始的厂网分离到电力企业实体化，以及独立资本的出现，都说明了改革的内容在逐渐深入。然而每一次改革都使电力企业的结构发生巨大的变化，导致电力企业的信息化建设的不平衡；一蹴而就的建设方法使得信息化系统存在很多缺陷，阻碍了信息系统的二次升级。对信息化建设带来了信息控制、开发通用的信息管理系统的困难。

我国的电力企业，厂网分离之后在企业管理上有了很多的进展，但仍然存在一些共同性的问题，例如：

一是企业良性发展机制尚未形成。很多能源公司尚未形成向外发展综合能力，产业发展储备不足。公司业务规模和资源储备与世界行业领先企业相比，差距较大。同时，规模扩张的投资风险比较高。

二是电力产业经营环境严峻。发电成本上升。电煤价格面临与市场煤价并轨的可能，企业自行消化能力逐渐减弱。竞价上网价格下调压力增大。

三是公司体制、机制尚不能适应市场要求。长期处于计划经济环境中，还需要一定的时间适应市场化的运作，特别是在管理力量、管理能力和管理思路均难以适应。

因此，电力企业需要不断进步和完善，内外兼修。在战略管理上，重点加强本部战略研究和规划的前瞻性；强化综合计划管理的协调性；加强营销策划和创新，进一步规范公司制治理。在生产管理上，重点建立系统生产管理制度；组织开展以运行、检修优化为核心的生产创新，加大标准化研究力度；加大企业科技投入，提高设备效率，努力实现企业节能目标。在安全管理上，重点落实安全生产责任制；建立安全宣教培训体系、安全标准化体系、安全生产应急救援体系；进一步加强安全生产科技攻关。在信息化建设上，实现以物联网、云计算、大数据为核心的全系统信息化管理平台，通过构建连接机器、物料、人、信息系统的基础网络，实现电力数据的全面感知、动态传输、实时分析，形成科学决策与智能控制，站在新一轮产业竞争的制高点。

8.2 行业对工业互联网实施的业务需求

当前，我国电力企业在不同程度上实现了数字化和智能化，但数字化、智能化的程度与实际要求还存在一些差距，未来的发展需要不断与云计算、大数据和物联网、人工智能等先进技术相互整合，促进电力企业的进一步转型升级。其主要表现在以下几方面：

1. 设备运行的安全预警，保证电力设备的安全运行

电力行业是资产密集型行业，其中，发电厂设备、电网设备的安全运行尤其重要，任何故障都可能造成重大事故，带来停电和巨大的经济损失，社会负面影响大，这在当前日趋激烈的竞争环境中尤为显著。

因此，对运行设备进行实时监测，对设备运行数据进行挖掘，建立预警模型，实现设备的安全预警，对于保障发电、电网设备安全运行，避免恶性重大事故的发生有重要的意义。

2. 设备故障诊断，实现发电和电网设备检修、维护指导

关于发电、电网设备的检修，需要解决两个问题，一个是什么时候修、该不该修，另外一个问题是修什么、如何修。第一个问题是检修触发的问题，是依据设备的可靠性原则和故障预警，进行检修决策的问题；第二个问题是依据故障定位和故障确认来进行针对性、精确检修的问题，上述两个问题是实现“状态检修”的核心为题。从现状上看，发电机组等设备属于大型旋转机械，能够实现精确诊断的故障并不是很丰富，而且机组个性突出，采用传统故障机理建立起来的故障模型普适性并不是很好，因此，实施工业互联网，重要的一个需求就是运用机器学习、大数据分析结合传统故障机理模型，实现故障预警和故障诊断，从而为发电设备的检修决策和检修实施提供依据。

3. 提升节能降耗水平

尽管最近几年我国新能源发电比重有所提高，但我国目前及以后相当长的时间内仍将以火力发电为主，能源结构较为单一；火力发电煤耗率、厂用电率也高于世界用电水平，大力加强火电厂降耗节能已经刻不容缓，可持续发展思想仍需加强。利用大数据、云计算等先进信息方法与系统，积极探索火电深度、快速变负荷控制理论与技术，可以充分发挥火电在多源互补和规模化新能源电力系统消纳中的作用，以增强火电机组深度、快速变负荷能力，提高火力发电在新能源电力系统中的弹性运行水平。采用模糊集理论和相关函数结合的大数据分析方法，可以预测出不同边界和运行工况下的机组供电煤耗率，对火电机组的节能发电具有参考意义。

4. 智能化生产

充分利用电力现有的数字化、信息化建设基础，引进更先进的信息技术、工业技术和管理手段，实现精确感知生产数据，优化生产过程，减少人工干预，通过科学合理的分步实施，最终使电力企业具备自分析、自诊断、自趋优、自管理、自恢复、自学习的能力，进一步提高效率，降低成本。如，借助物联网技术采集机组负荷、效率等参数，利用大数据技术建立水轮发电机效率模型，根据来水总量和给定发电量实时计算目标负荷，并反馈到控制系统，进行发电设备运行的优化调度，实现机组以经济指标为最优的负荷优化分配，提高水能利用率和设备可用率。

5. 协同运营管理

整合电力生产、运营、销售、管理的数据，实现发电、售电、调度全环节数据共享，以用电需求预测为驱动优化资源配置，协调电力生产、运维、销售的管理，提升生产效率和资源利用率。此外，电力企业各部门数据的集成将优化内部业务流程及信息沟通，使财务、人事、供应链等环节业务的开展更顺畅，有助于企业的精细化运营管理，提升企业的运营效率及管控水平。

8.3 细化应用场景一：火电机组运行特性分析

场景描述

该应用以机组运行状态监测与系统大数据相结合，利用机组实际运行数据，对机组的特性指标进行分析，从多个维度进行运行数据趋势分析和相关性分析，对机组进行监测，并探究各性能参数之间的关联关系，为机组运行状态监测提供有效的分析手段。

火电机组运行特性分析以火电机组数据分析、诊断为核心，以生产过程管理为主线，以有效发挥作用、提高生产效率为目标，以体制、制度建设为保障，打通上下游数据，将现代信息技术与企业管理理念有效融合，建设覆盖全面、应用深入，集中分析、分级使用的火电机组监测、分析和诊断系统，建设具有“感知、预测、优化、协同”能力的信息系统，实现火电机组的在线报警、节能分析、操作分析、状态分析及评估、远程诊断等大规模的数据分析应用，为电厂开展“优化运行、确保安全、降本增效”活动提供基础数据支撑，促进电厂生产管理效益的提升。

火电机组运行特征分析不仅仅可以对电厂的大型转机进行监测，还可以完成系统、设备、参数级的模型建立和诊断，提供覆盖电厂汽轮机、锅炉、发电机等各类主设备，以及真空系统、主蒸汽系统等工艺过程的监视和运行分析。能够对监视对象在振动、磨损、泄漏等故障表现在运行参数上的异常偏离进行监测，基于信号还可以进行设备性能劣化监视。

火电机组运行特征分析根据监视目的选取相关的测点作为系统的模型输入，建立初步的模型，依据现场运行的情况，对模型进行训练，得到设备或系统正常运行的模型，通过设备机械故障发生早期引起的参数偏离，定位设备故障。



图 8-1 诊断模型故障树

1. 汽机运行特征分析

汽轮机及热力系统设备性能健康性检测，在实时参数监测、参数识别、在线性能测量的基础上，进行实时参数和健康性指标的趋势分析，实现机组性能健康性的监测。汽机运行特征分析中，主要对汽缸进水、汽机轴系、流通部分、回热系统、冷端系统、辅机效能进行分析，及时发现并区别由于设备老化、运行不当等，引起的健康性降低，机组内在性能指标及典型故障进行自动诊断进行预警，在稳定工况和变工况下对设备安全和经济的故障预警和设备性能劣化监视的能力，满足机组性能监测与评价机组性能要求和统计分析。

2. 锅炉运行特征分析

为了满足锅炉受热面、锅炉部件的状态监测和寿命评估和诊断，根据锅炉的设计、制造、安装、运行特点，结合锅炉材料和结构特性，对锅炉壁温、汽水系统、四管系统、制粉系统、风烟系统、燃料系统进行在线动态评估使用状态，实时预警各炉管金属温度测点温度升高的偏离行为，通过同时出现的其他管外烟气参数、配风参数的偏离预警信息，综合判断引起管壁温度升高的原因；实时监视

炉管金属温度测点的变化趋势，通过大范围的温度不正常升高趋势，早期预警炉内大面积结焦的故障，锅炉及热力系统设备性能健康性检测，在实时参数监测、参数识别、在线性能测量的基础上，进行实时参数和健康性指标的趋势分析，实现机组长期健康性的监测。及时发现并区别由于设备老化、运行不当等，引起的健康性降低，机组内在性能指标（汽水侧阻力、烟气阻力、受热面磨损、积灰、热偏差，炉泄漏、空预器漏风……）进行预警。为运行和检修提供实时指导，可有效减少锅炉管泄漏风险，提高锅炉运行的安全性和可靠性。

3. 电气设备运行特征分析

为了完成覆盖电厂发电机、主变、断路器等及电机，以及励磁系统、冷却系统等工艺过程的温度参数检测、振动参数检测、电气参数检测和漏水的监视和故障诊断。实现定量监测与评价机组性能状态、机组远程监测预警、寿命管理、机组状况定期报表、长周期分析及大修建议等。

场景实施架构

火电机组运行特性分析场景采用如下架构：



图 8-2 火电机组运行特性分析实施架构

边缘层，通过工控系统采集到汽轮机、锅炉、电气系统等各类主辅设备的振动、温度、压力等状态参数，对原始数据进行消音、降噪，并根据电厂端的业务

需求，实现边缘计算，形成一级状态指标。

IaaS 层主要依赖企业现有云基础环境，实现基础资源的弹性扩展。

平台层作为整个应用分析系统的核心部分，主要分为数据采集区、数据存储区、数据分析区及开发服务四部分。通过边缘端采集的数据由平台层数据采集区汇聚、完成数据清洗和整合等工作，最终将有效的数据分类进行存储。数据分析区，根据算法库和模型库，提供数据挖掘等分析能力。

最终，通过应用层实现设备的实时监控、趋势分析、对比分析、运行特征分析、智能预警等功能。

8.4 细化应用场景二：炉管在线寿命评估与状态监测

场景描述

根据我国相关研究机构的报告，针对发电行业而言，炉内高温锅炉管失效是造成机组非计划停机的主要原因。设计、制造、运行以及管理等诸方面的因素，导致锅炉管失效事故次数非常频繁。炉管失效事故已经成为影响能源企业（包括石化企业）火电机组安全、可靠、经济运行的主要因素之一。

该场景综合利用锅炉炉设计、制造、试验等各种参数指标，和历史/当前的检验检测数据，及历史的各种运行检修记录等基础数据，建立受热面（炉管）运行监测模型，通过数据分析、模型计算、专业评估等方法在线预测锅炉炉管的残余寿命、在线监测氧化皮生长脱落风险、并给出锅炉炉运行与检修建议。该场景为电力企业的锅炉安全稳定经济运行提供了新的重要的技术保障手段，可显著降低甚至避免电力企业锅炉爆管事故发生。

炉管在线寿命评估与状态监测场景主要为生产管理和检修人员提供在线寿命评估、图形化超温监测、测点多级超限统计、异物堵塞监测、运行班值考核管理、历史趋势查询分析等功能。目前，以已实施的某企业的“炉管在线寿命评估与状态监测”为例，简述其应用效果如下：

- 较好地反映了炉高温受热面部件的温度场分布情况，结合寿命管理技术，实时展示了高温炉管状态监测及寿命在线评估。

- 通过对锅炉工况和炉管壁温的实时跟踪，结合炉管内壁氧化皮应变的监测，

从在线监测角度探索了一种减少氧化皮（异物）脱落引起炉管失效的新方法。

●图形化的超温监测为企业运行人员优化运行方式，预防长时超温，为保证设备的安全平稳运行提供指导。

●超温风险功能及老化状态和寿命评估结果可指导检修人员对运行温度较高炉管区域及时进行检查并对老化严重管段及时更换，避免运行中爆管事故的发生等，防止机组计划外停运。

●运行班值考核管理成为企业加强小指标管理和运行管理的有力工具。

场景实施架构

炉管在线寿命评估与状态监测场景采用 B/S 结构，其系统结构示意图分别如下所示（以锅炉炉管为例）：

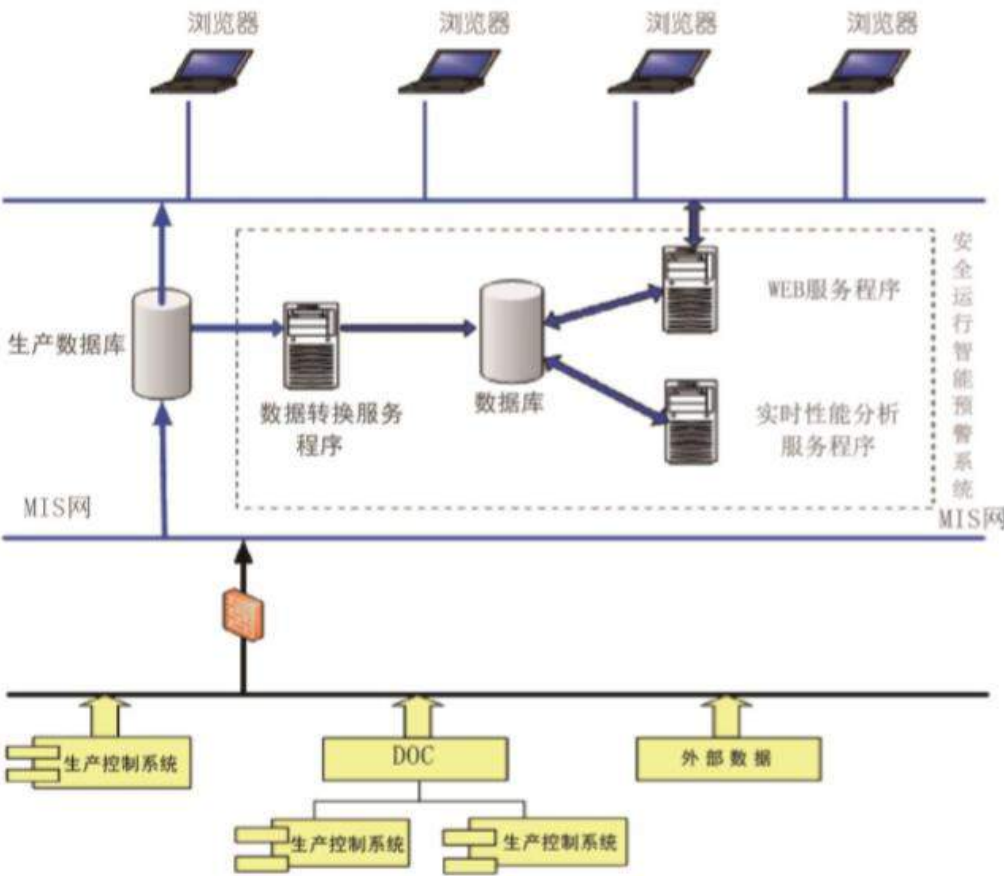


图 8-3 炉管在线寿命评估与状态监测系统结构示意图

炉管在线寿命评估与状态监测系统结构包括：

1. 数据转换服务程序

负责 7×24 不间断地从企业实时数据库中获取现场生产数据,并将其存入在线寿命评估系统专用数据库中。

2. 数据库

本系统从企业生产管理系统的实时数据库中获取现场生产数据。

3. 实时性能分析服务程序

进行数据有效性判断、超温超压实时报警判断、超温超压统计,并实时评估部件使用风险与寿命消耗。

4. Web 服务程序

炉管在线寿命评估与状态监测系统最终以网页形式发布。Web 页面是工业企业工作人员可见的部分,设备信息管理、在线状态监测、超温统计结果浏览、历史记录查询、报表打印等功能都是通过 Web 服务程序实现。

8.5 细化应用场景三：发电设备运行优化调度

场景描述

水电机组的耗水率是衡量发电机组发电效率核心指标。 对于一个拥有多台机组的发电站来说,当电网调度给定电站总负荷之后,如何有效分配各机组的负荷,使得电站的总耗水率最低,水能利用率最高,同时满足设备稳定性最好是水电站负荷分配的最终目标。

在目前,最优负荷分配控制系统已经普遍应用于水电站机组的运行调度之中。其最优分配算法应该说比较成熟。但在实际的最优负荷分配控制中,依然存在一系列问题,使得最优控制并不最优:

1. 最优负荷控制中需要依据机组准确的负荷-水头-效率模型进行负荷分配,以保证电站总耗水率低、效率高。但是在绝大部分电站中,采用的模型是设备制造厂给出的简化模型,与真机的实际模型有差异。而且,随着机组投运年限的增加,机组的真实的负荷-水头-效率模型也在发生变化,因此,随着投运年限的增加,负荷分配控制系统设定的模型与真实的模型差异会越来越大,难以保证电站实际水能利用率达到最高。

2. 最优负荷控制中需要依据机组准确的负荷-水头-振动模型进行负荷分配,

以保证电站在稳定性较高的负荷区运行，减小对设备损害。但是绝大部分电站，采用的上述模型是根据机组投运初期通过稳定性试验建立的，随着机组投运年限的增加，机组的真实的负荷-水头-振动模型也在发生变化，因此，随着投运年限的增加，负荷分配控制系统设定的模型与真实的模型差异会越来越大，难以保证电站实际各机组稳定性达到最高。

因此，在水电互联网平台中，要解决的是三个问题，第一个是能够根据机组的真实效率、负荷、水头等状态参数进行连续迭代，建立动态的机组的负荷-水头-效率模型；其二是能够根据机组的振动、压力、温度、负荷、水头等状态参数连续迭代，建立动态的机组的负荷-水头-稳定性模型；第三个问题是将迭代建立的上述两个模型数据能够动态地传递给最优负荷分配控制系统，以实现真正的最优控制。

要解决上述问题，首先要实现部署机组的在线监测系统，实现机组效率、振动、压力、温度等基础状态参数的采集和处理。

第一、建立企业工业互联网平台与最优负荷分配控制系统的数据通讯。当模型产生变化时触发模型下发，将模型数据下发给最优负荷分配控制系统，实现真正的最优控制

第二、在企业工业互联网平台上，采用二元高次数据拟合方法逐次迭代动态建立负荷-水头-效率模型，保证建立的模型能接近机组真实的模型，而且能够跟随机组真实模型的变化进行自我调整。

第三、在企业工业互联网平台上，根据振动、温度指标建立机组的综合稳定性指评价指数，以负荷、水头分段，采用分段二维正态分布统计方法逐次迭代动态建立负荷-水头-稳定性模型，保证建立的模型能接近机组真实的模型，而且能够跟随机组真实模型的变化进行自我调整。

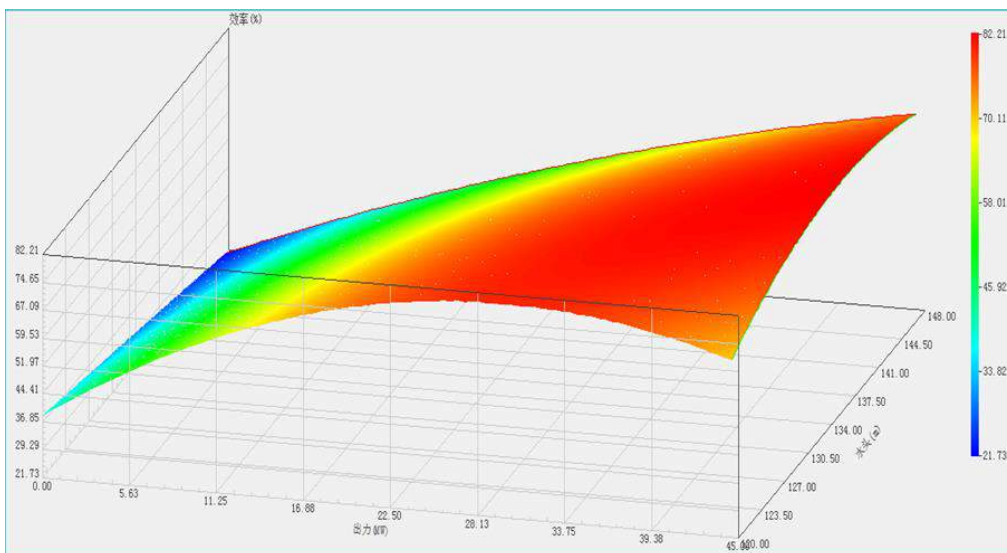


图 8-4 水电机组动态负荷-水头-效率三维模型

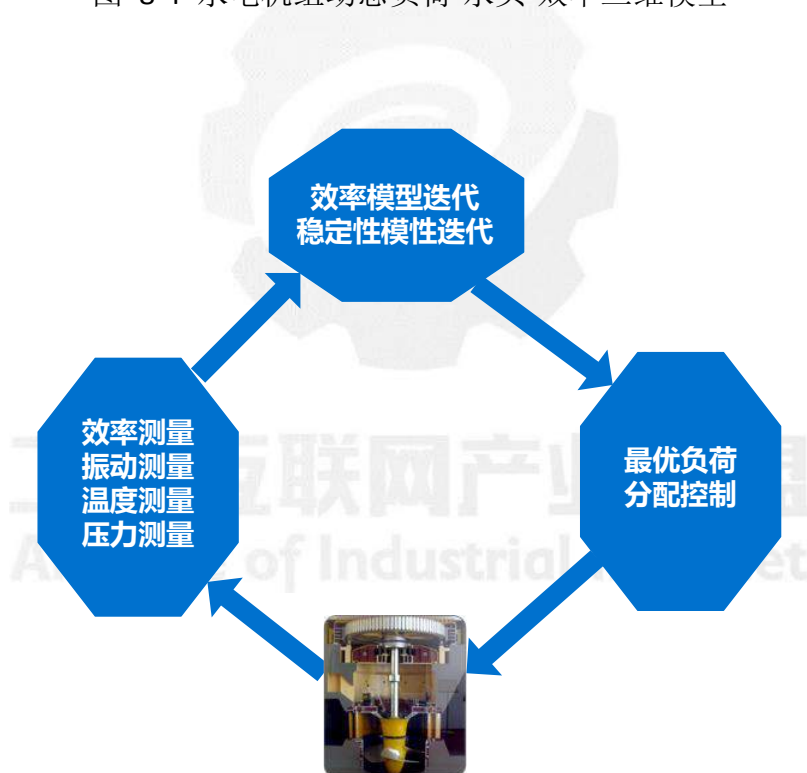


图 8-5 发电设备优化度迭代示意图

场景实施架构

发电设备运行的优化调度场景采用如下架构：

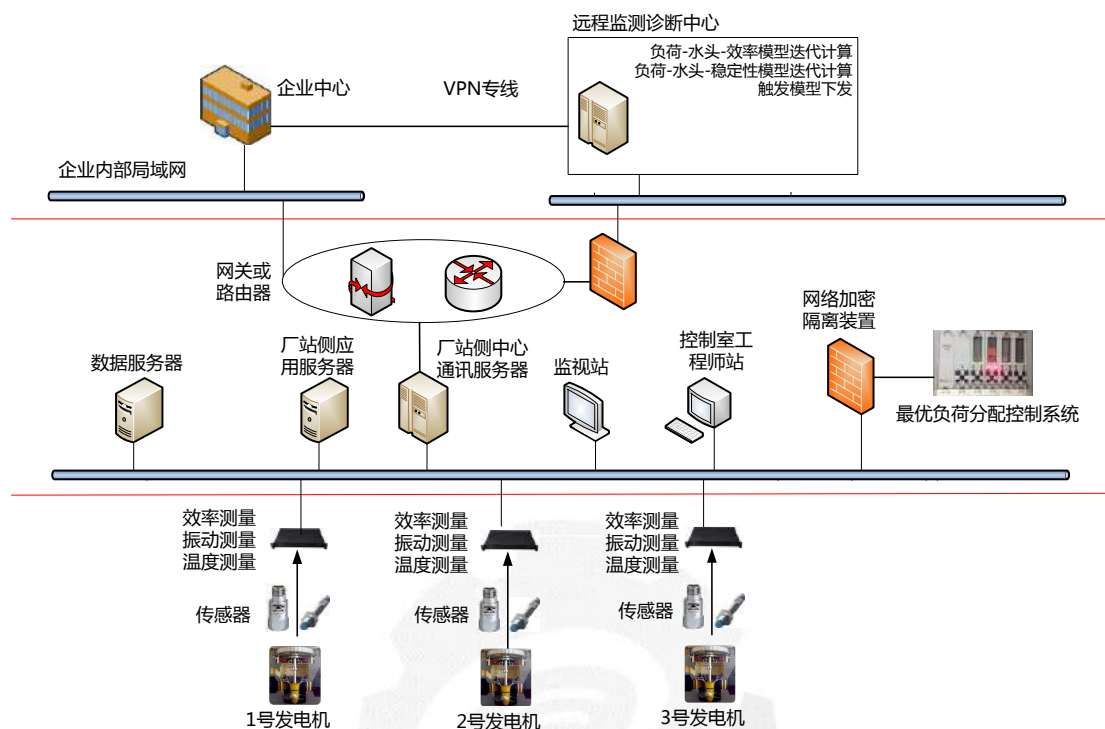


图 8-6 发电设备运行优化调度实施架构

最底层是感知层，在机组上部部署有测量振动、温度、压力、流量等状态参数的传感器，通过采集器进行数据采集，并对原始数据进行边缘计算，形成机组效率、耗水率、流量以及机组振动等一级状态指标。通过工业以太网将一级指标传送到厂站级服务器，厂站级服务器进行清洗之后，传送到流域远程监测诊断中心，进行负荷-水头-效率以及负荷-水头-稳定性迭代建模。当模型发生变化时，触发模型数据下发，下发给电站级通讯服务器，再由电站级通讯服务器，透过网络安全机密装置传送给电站最优负荷分配控制系统。最终的优化调度的执行任务由负荷分配系统完成。

8.6 细化应用场景四：齿轮箱故障预警

场景描述

齿轮箱是风力发电设备的重要组成部件，对保证风力发电正常运行起着至关重要的作用。但由于风机发电环境极为不稳定，齿轮箱在连接风机叶片和发电机实现提速的过程中会受到不均衡、不稳定或者过大的作用力，在长时间的高强度运行过程中，会导致齿轮箱的重要部位（齿轮、轴承等）出现异常，引起齿轮箱失效故障发生；另外，齿轮箱作为风力发电连接与提速装置，与其连接的核心部

件运行状态，及齿轮箱润滑油等配套条件一定程度上也会引发齿轮箱失效故障；其次，各企业及各类型齿轮箱的生产工艺（设计、生产、安装）存在不可忽略的差异，这些差异以及生产过程中的瑕疵都会影响齿轮箱的运行效率。

传统的设备运维管理方式已经无法适应当前工业智能运维的要求，尤其是像风电齿轮箱产品种类众多，运行环境各不相同，齿轮箱失效故障维护成本一定程度上严重制约了企业的全面发展，维护成本的不确定性甚至会影响企业的经营决策。并请求需要面对大规模设备的运行维护压力，在全国已用设备数达数千台甚至上万台，通过建设大数据智能运维及智慧诊断平台，可以对所有设备进行实时在线监测和专家诊断，并借助融入系统的智能报警、智能诊断、智能体检等智能模型，开展设备的可预防性维护，降低运维成本，规避安全事故，提升可利用率和设备客户的经济效益。

场景实施架构

齿轮箱失效原因分析基于对齿轮箱失效数据（维保记录）或风机整体运行数据的整理与分析，从多维度多层次实现齿轮箱失效故障分类，在此基础上建立失效故障关联模型（多元回归模型，Apriori 算法、FP-growth 算法等）或聚类模型（K-means，分类树等）确定各类失效故障的内在或外在原因，总结各类失效原因影响程度和内在联系，明确齿轮箱在设计、生产及安装上的优化方向，并为齿轮箱失效建模提供依据。原因分析理论框架如图所示：

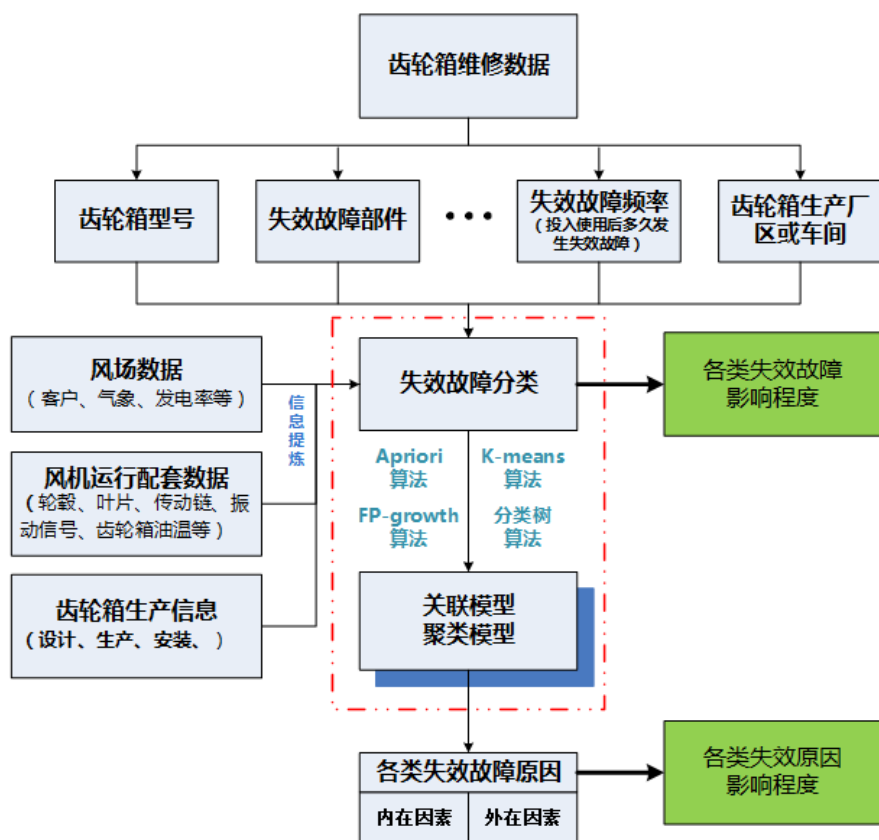


图 8-7 齿轮箱失效故障原因分析理论框架

“齿轮箱失效故障实时诊断模型”投入使用时，需要将风电场实时运行数据采集至数据管理中心，诊断模型定时或实时地通过数据中心关系服务器对风电场各风机实时数据（主要指齿轮箱失效故障相关数据）进行诊断，最终生成齿轮箱失效故障诊断结果汇总表，并产生报警提示，风电场维护管理团队可根据诊断结果对风机齿轮箱运行状态予以确认，及时排除失效异常。

齿轮箱失效故障实时诊断模型使用过程如下：

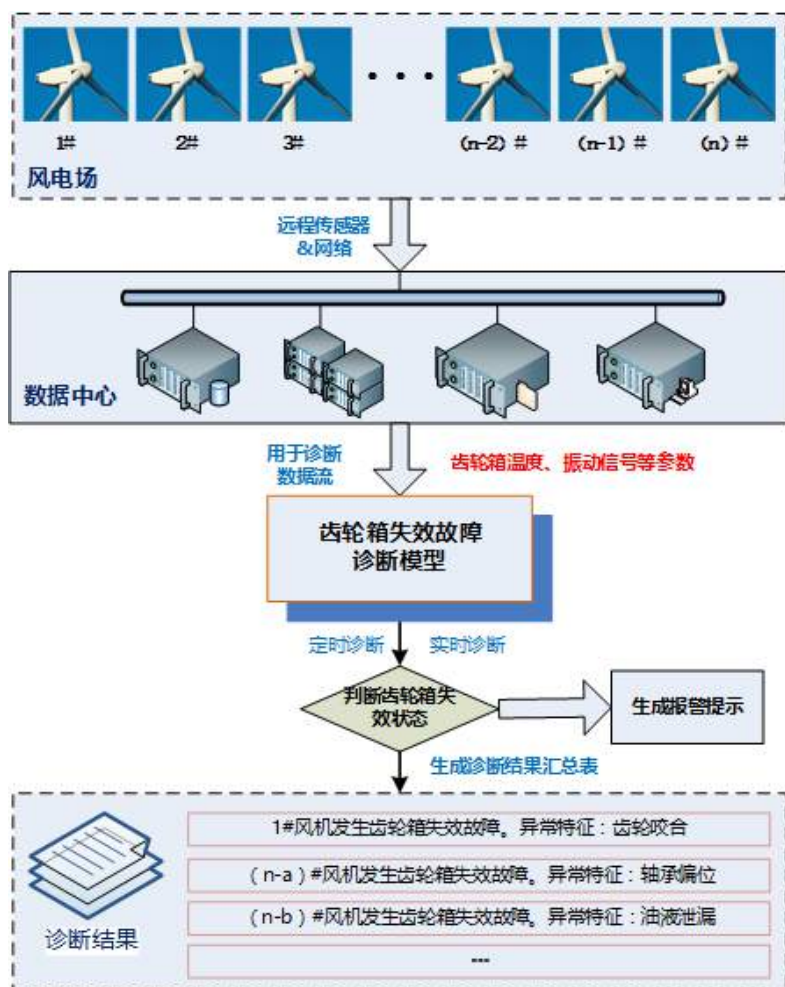


图 8-8 齿轮箱失效故障实时诊断模型使用过程

9 结语

新技术是经济转型的根本动因。物联网、互联网、人工智能、云计算、传感器等核心技术的捆绑发力创造了数据驱动的新型智能产品和新型自动化设备,改变了旧的生产方式和运输方法,产生了新市场,形成了新型工业组织和数字化人才。这种变化是宏观结构上的转型,而不是微观领域的改善与循环。也就是说,在新的工业体系里,每一个传统的工业基石都发生了结构式的改变。

工业互联网 (Industrial Internet) 就是支撑这种结构性工业经济改变的新工业技术基础。工业互联网对不同垂直行业来说有不同的范畴和核心内涵。从以产品和服务为核心的家电行业到以物理资产为核心的钢铁制造业,工业互联网的范畴跨越了工业领域、商务领域到消费领域。垂直行业工业互联网的核心内涵也从工业物联网、商业物联网跨越到消费物联网。

9.1 从个性行业实践发现共性应用规律

垂直行业应用路径是对工业互联网共性模式实现阶段的进一步细化，从基本数字化出发，围绕生产流程中产品、产线、商业、制造环节和柔性组织需求，逐步推动不同环节中应用模式的演进与提升，最终实现研发、制造、运维等全过程的智能化。而推进工业互联网行业应用本质上是数据采集范围的拓展和利用程度的加深，如基于产品全生命周期数据提升产品附加价值；综合分析产线数据来优化企业资产利用效率；借助商业数据集成、共享与分析以优化资源配置和协同效率；对生产系统数据进行挖掘以优化生产控制与运营管理；以及在多系统集成前提下实现由数据驱动的个性化柔性生产等。工业互联网最终带来的价值特点如下图所示：

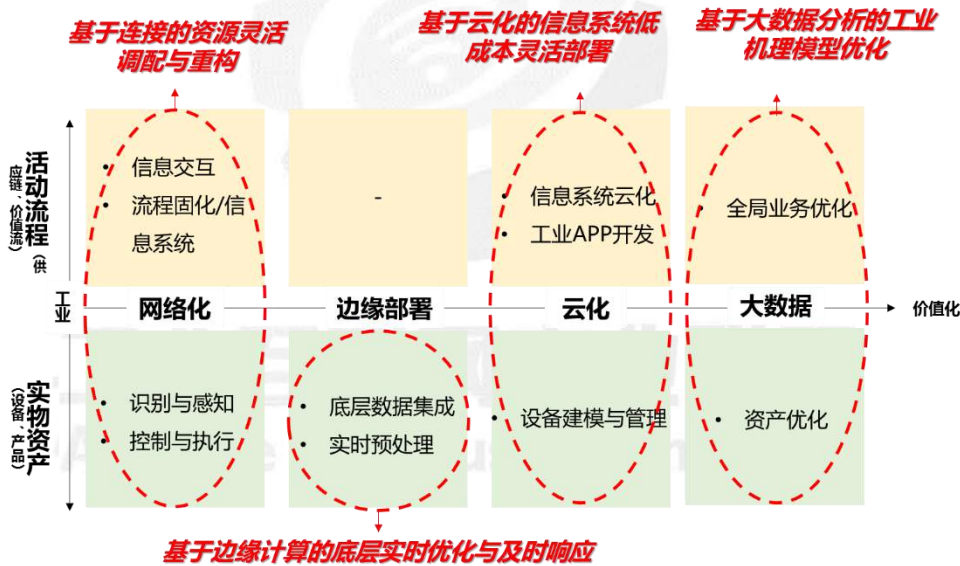


图 9-1 工业互联网应用共性价值规律

当前，各垂直行业的工业互联网实施业务场景相对独立，跨行业场景还没有大量出现，但其中的共性应用规律已经初步显现。垂直行业的工业互联网应用场景覆盖产品的研发、制造到售后管理的各个环节，这些场景包括协同研发、个性化定制、知识自动化、设备健康维护、设备监测、集成（客户）制造、离散制造、人机协同、质量追溯、产品生命周期管理、用户交互、及时响应和产品体验迭代等模式场景。每一个场景都在工业互联网的支撑之上发生了本质上的转型，交叉行业的工业互联网应用案例如设备健康维护与保险服务等正在出现。

9.2 从单点应用走向跨领域综合应用

以工业互联网平台、新型智能网关、工业 APP 等为代表的工业互联网产品和解决方案爆发式增长，不断强化工业业务场景的物联连接、上云用云和数据分析能力，带动一批工业智能化应用走向成熟商用。虽然各行业实践工业互联网路径各不相同，但最终工业互联网应用将经历“单点应用-单链应用-产业链应用”的三个发展阶段。第一阶段以独立环节和单个领域应用为主，工业应用场景集中在设计、生产、服务、经营、资产某个环节/领域中，不同环节间缺乏数据深度集成，当前大部分工业互联网应用即处于这个阶段中。第二阶段以单链应用为主，应用场景可打通多个环节，并形成企业内的全链条应用，但缺乏跨企业间的互通协同和集成分析。第三阶段以产业链应用为主，应用场景在打通设计、生产、服务等全链条基础上，从一个企业横跨到多个企业主体，可进行全局型智能化分析，形成产业链级/行业级的综合应用。基于以上三个阶段发展，工业互联网应用未来前景和最终目标是社会化生产，即从需求预测到资源调度、从产品设计到产品服务、从生产优化到运营管理的全系统全链条智能化应用，实现制造业全面系统性优化。

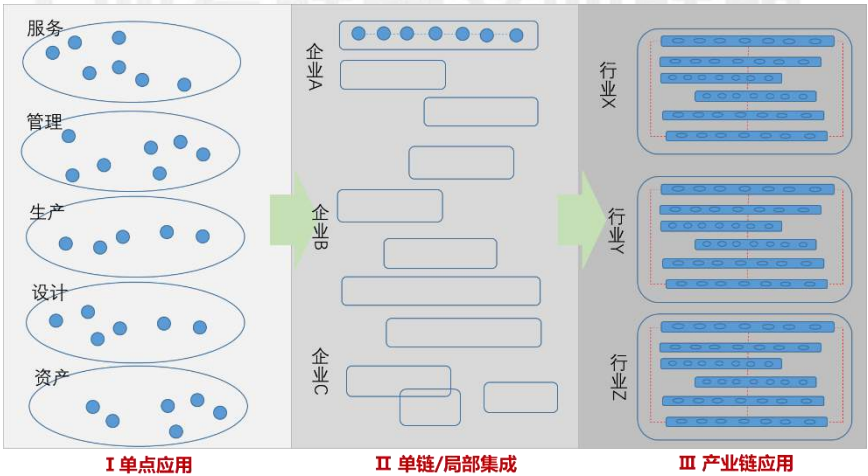


图 9-2 工业互联网应用演进视图

9.3 展望与建议

工业互联网是结构性的、蛙跳式、融合式的战略技术，它改变的是工业基础设施，而不是表面应用。它带来的是技术革命，而不是技术渐进。尽管每个垂直

行业和企业投资及启用工业互联网的目的、场景不尽相同，但是它们实施路径的逻辑和步骤是相似的，它们的试错成本和经验是可以共享的。

企业在实施工业互联网的同时会面临大量投资风险和技术融合难点，也可能遭遇失败和倒退，但是“创造性破坏”会让每一个工业互联网的先行实施企业在新一轮的工业转型中前进更快、跳跃更高、离成功更近。他们将打破传统工业市场，他们将创造出新的垂直行业，他们将改变数字工业经济的游戏规则。因此，为了帮助更多行业应用工业互联网，我们给出以下建议：

（1）尽早试错。工业互联网涉及到的行业远远不限于本白皮书所涉及的八个行业。还有很多垂直行业涉及到生产、商务和消费领域。虽然这些行业都有不同的业务焦点和实施范畴，但是越早加入实施，越能快速适应工业互联网带来的冲击。高德纳预计，大约 50%的物联网解决方案在不远的将来会被更新和替换。尽早试错会尽早了解变化的边界。另外，试错策略需要考虑投入少、时间短、营收快的工业互联网项目去快速试错。在试错中调整领导力、目标、组织架构、人才和商务模式。

（2）协同合作。工业互联网的维护成本在相当长一段时间会居高不下。另外，各类技术与服务提供商的产品、营运能力、财务状况良莠不齐。这些因素对工业互联网在整个垂直行业的落地发展产生很大挑战。在工业基础设施转变期，垂直行业间和行业内的协同合作会分担工业互联网初期研发的总成本，并促进技术供应商市场的加快成熟，加速工业互联网的协议标准和数据格式的制定，以及加快安全措施和核心技术的开发速度。

（3）着力实施。以数据分析应用为主线实现工业互联网实施和要素集成，可分为三个阶段。阶段一：构建互联互通工厂。要利用哑设备改造或部署数字化装备手段提升数据采集感知能力，并加快工业互联网网络部署实施，实现工厂设备间数据互联互通。阶段二：实现生产、研发、服务、管理等系统数据集成。借助中间件、统一数据平台、工业互联网平台方式实现数据汇聚，通过 ERP-MES 业务集成实现生产数据纵向集成，通过 PLM 管理方式实现产品数据横向集成。阶段三：探索数据分析的智能应用。立足现有基础，明确目标需求，针对特定场景探索数据分析应用，并总结提升数据分析方法与经验，逐步拓展应用范围，强化应用深度。